٢١

أساسيات علم الحيوان

الدكتور محمد إسماعيل محمد

الدكتور حلمي بشاي — الدكتور يحيى العاصي

الدكتورة منى شرقاوي — الدكتورة تغريد عبد الرحمن





دار الفكر العربي

سلسلة الفكر العربي
لمراجع العلوم الأساسية
-٢١-

أساسيات علم الحيوان

الدكتور محمد إسماعيل محمد
أستاذ فسيولوجيا الحيوان
كلية العلوم - جامعة القاهرة

الدكتور حلمي ميخائيل بشاي
أستاذ بيولوجيا الأسماك والأحياء المائية
كلية العلوم - جامعة القاهرة

الدكتور يحيى السعيد العاصي
أستاذ علم التشريح المقارن
كلية العلوم - جامعة القاهرة

الدكتورة منى شرقاوي علي
أستاذ فسيولوجيا الحيوان
كلية العلوم - جامعة القاهرة

الدكتورة تغريد عبد الرحمن حسن
أستاذ فسيولوجيا الحيوان
كلية العلوم - جامعة القاهرة

ملتزم الطبع والنشر
دار الفكر العربي
٩٤ شارع عباس العقاد - مدينة نصر - القاهرة
ت : ٢٧٥٢٩٨٤، ٢٧٥٢٧٣٥ فاكس: ٢٧٥٢٧٣٥
www.darelfikrelarabi.com
INFO@darelfikrelarabi.com

٥٩٠
م ح أ س

محمد إسماعيل محمد.

أساسيات علم الحيوان / محمد إسماعيل محمد... [وآخ]؛ ط٢ مزيدة ومنقحة.- دار الفكر العربي.

٩٤٤ص؛ ٢٤ سم.

بيليوجرافية: ص ٩٣٧ - ٩٤٢.

يشتمل على معجم إنجليزي - عربي.

يشتمل على كشاف تحليلي.

تدمك: ٣ -١٦٣٩- ١٠- ٩٧٧.

١ - الحيوان، علم. ٢- الحيوان - فسيولوجيا. ٣- الحيوانات - تشريح. ٤- الحيوانات - تصنيف. أ- حلمي ميخائيل بشاي، مؤلف مشارك. ب- يحي السعيد العاصي، مؤلف مشارك. ج- منى شرقاوي علي، علي، مؤلف مشارك. د- تغريد عبد الرحمن حسن، مؤلف مشارك. هـ - العنوان. و- السلسلة

جمع إلكتروني وطباعة



التنفيذ الفني

ثريا إبراهيم حسين، منى حامد عمارة، حسن الشريف

رقم الإيداع	٢٠٠٢/٧٦٩١

جميع المراسلات والاتصالات على العنوان التالي:

دار الفكر العربى

سلسلة الفكر العربي لمراجع العلوم الأساسية

٩٤ شارع عباس العقاد - مدينة نصر - القاهرة

ت: ٢٢٧٥٢٩٨٤ - فاكس: ٢٢٧٥٢٧٣٥

www.darelfikrelarabi.com
INFO@darelfikrelarabi.com

تنويه

الكتاب كامل (لايحتوى صفحات ناقصة)

صفحات الكتاب قابله للتحديد

بسم الله الرحمن الرحيم

تقديم السلسلة

الحمد لله رب العالمين . . خلق الإنسان، علّمه البيان،

والصلاة والسلام على أشرف المرسلين، سيدنا محمد النبى الأمى العربى الصادق الأمين، وعلى آله وصحبه والتابعين بإحسان إلى يوم الدين.

أما بعد،

فإن اللغة ـ أىّ لغة ـ هى وسيلة التواصل الفكرى بين أبناء الأمة الواحدة، وهى فى الوقت نفسه تمثل حاجة ملحّة، وضرورة لا غنى عنها لكل أمة تشرع فى النهوض من كبوتها وتسعى إلى اللحاق بركب الحضارة، مؤمنة بالدور الأساسى للعلوم الأساسية والتطبيقية والتقنية فى صنع التقدم والرقى.

هذه الحقيقة التاريخية استوعبها علماء الحضارة العربية الإسلامية عندما ترجموا معارف السابقين إلى اللغة العربية، واستوعبها أيضا الغربيون عندما ترجموا علوم الحضارة العربية الإسلامية فى أوائل عصر النهضة الأوربية الحديثة، وتعيها اليوم كل الأمم التى تدرس العلوم بلغاتها الوطنية، فى سعى حثيث نحو المشاركة الفعالة فى إنتاج المعرفة وتشييد صرح الحضارة المعاصرة.

ولقد أضحى أمر تعريب العلم والتعليم ضرورة من ضرورات النهضة العلمية والتقنية التى تنشدها أمتنا العربية الإسلامية لكى تستأنف مسيرتها الحضارية بلغة القرآن الكريم الذى حفظها قوية حية فى النفوس على الرغم من الوهن الذى أصاب أهلها، وما ذلك إلا لأن الله ـ سبحانه وتعالى ـ قد خصّها بصفات تميزها على غيرها، وكفلها بحفظه حين تكفّل بحفظ قرآنه العظيم.

والحديث عن هذه الضرورة الحضارية لتعريب العلم والتعليم قد تجاوز الآن مرحلة الإقناع بالأدلة والبراهين المستقاة من حقائق التاريخ ومعطيات الواقع المعاش، وعليه أن ينتقل إلى مرحلة التخطيط والتنفيذ، وفق أسس وضمانات منهجية مدروسة، وعن طريق آليات ومؤسسات قادرة على إنجاز المشروع الحضارى الكبير؛ ذلك أن اجتياز حالة التخلف العلمى والتقنى التى تعيشها الأمة العربية والإسلامية يجب أن يصبح هدفا عزيزا تُستحث لأجله الهمم، وتستثار العزائم.

و**دار الفكر العربى** ـ من جانبها ـ قد استشعرت خطورة تأخير هذا المشروع الحضارى الكبير، فسعت جاهدة إلى تحقيق الهدف النبيل، وشرعت فى إعداد «**سلسلة مراجع العلوم الأساسية**» فى مجالات الكيمياء والفيزياء والرياضيات والفلك والچيولوچيا وعلوم الحياة، بحيث تخاطب قارئ العلوم فى مراحل العمر المختلفة بصورة عامة، وطلاب المرحلتين الثانوية والجامعية على وجه الخصوص، فى ضوء الأهداف الآتية:

* ربط المادة العلمية بما يدرسه الطلاب فى مناهجهم الدراسية، وعرضها على نحو يوافق التصور الإسلامى للمعرفة، ويحقق أهداف وغايات التربية الإسلامية الرشيدة.
* إثراء الثقافة العلمية لدى الطلاب والارتقاء بذوقهم العلمى مع تنمية الجانب التجريبى والتطبيقى لتعويدهم حسن الاستفادة من كل ملكات الفكر والعمل التى وهبها الله ـ سبحانه وتعالى ـ للإنسان.
* إبراز الدور الرائد الذى قام به علماء الحضارة العربية الإسلامية ـ قديما وحديثا ـ فى دفع مسيرة التقدم العلمى.
* تتبع نمو المفاهيم العلمية وصولا إلى أحدث الكشوف والمخترعات، وذلك بهدف غرس منهجية التفكير العلمى لدى الطلاب، وتوسيع مداركهم إلى أبعد من حدود الموضوعات الدراسية المقررة عليهم.
* الالتزام بما أقرته مجامع اللغة العربية من مصطلحات علمية، ويفضل أكثرها شيوعا مع ذكر المقابل الأجنبى.

وقد عهدت **دار الفكر العربى** بالمسئولية العلمية إلى هيئة استشارية تتولى التخطيط لإصدارات هذه السلسلة، واستكتاب أهل الخبرة والاختصاص من علماء الأمة ومفكريها، ومناقشة الأعمال المقدمة قبل صدورها.

﴿رَبَّنَا لا تُزِغْ قُلُوبَنَا بَعْدَ إِذْ هَدَيْتَنَا وَهَبْ لَنَا مِن لَّدُنكَ رَحْمَةً إِنَّكَ أَنتَ الْوَهَّابُ ﴿٨﴾﴾ [آل عمران].

وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين

أحمد فؤاد باشا

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

منذ بدء الخليقة درج الإنسان على العيش مع الحيوانات لما لها من تأثير مباشر على حياته. فقام بالتعرف على أنواعها ودراسة سلوكها، حتى أنه استأنس بعضها لتكون له عونا فى حياته ومصدرا للغذاء والكساء. فقد كان الإنسان الأول نباتيا، ثم فى عصور لاحقة أصبح يصيد الحيوانات ويأكل لحومها وتفنن فى صنع أدوات الصيد. وقد سجل الإنسان الأول «رسوما وأشكالا» للكثير من الحيوانات فى مغاراته وكهوفه البدائية المنتشرة فى كل بقاع العالم شملت الأسماك والزواحف والطيور والثدييات. كما سجل المصريون القدماء - منذ آلاف السنين - على معابدهم وقبورهم أنواعًا كثيرة من الحيوانات، واتخذوا من بعضها رموزا لآلهتهم لما تتصف به من صفات فريدة. ولقد جاء ذكر الحيوانات فى كل الكتب السماوية. ولابد أن نشير إلى أن الله سبحانه وتعالى قد أمر سيدنا نوحا - قبل الطوفان - بالحفاظ على الحيوانات بأخذ زوج واحد من كل منها، فهى تمثل التنوع الأحيائى الذى تتكون منه سلسلة الحياة وعلى الإنسان أن يحافظ عليها.

وتجدر الإشارة إلى أن الفيلسوف والبيولوچى اليونانى أرسطو **Aristo** (٣٤٨-٣٢٢ ق م) هو أول من حاول تقسيم الكائنات على أساس تشابهاتها التركيبية. وفى القرن السابع عشر اقترح العالم جون راى **John Ray** (١٦٢٧-١٧٠٥) نظاما أكثر شمولا ومفهوما حديثا للأنواع (**species**). ولكن يعتبر العالم السويدى كارولس لينيس **Carolus Lienaeus** (١٧٠٧-١٧٧٨ م) هو مؤسس أسلوب التقسيم الحديث فى القرن الثامن عشر، ويرجع له الفضل فى إدخال التسمية الثنائية للكائنات الحية.

وهنا يجب التنويه إلى فضل علماء العرب المسلمين فى دراسة علم الحيوان وإسهاماتهم التى صارت لقرون طويلة هى المرجع الأساسى لدول الغرب. فالجاحظ وهو أبو عثمان عمر ابن بحر بن محبوب الكنانى (١٥٩-٢٥٥هـ) فى كتابه «الحيوان» تتجلى دقة الملاحظة

والتمحيص، فهو يلجأ للتجربة لتحقيق صدق نظرية من النظريات أو رأى من الآراء. ومن علماء العرب فى علم الأحياء القزوينى (٦٠٠-٦٨٢ هـ) وهو أبو يحيى زكريا بن محمود القزوينى، والذى من أهم مؤلفاته «عجائب المخلوقات وغرائب الموجودات، وآثار البلاد، وأخبار العباد» ويعتبر بحق هذا المؤلف دائرة معارف، إذ يتناول موضوعات متعددة منها غرائب الحيوان.

وفى هذا الصدد لا يُنسى العالم والطبيب العربى ابن النفيس (٦٠٧-٦٨٧ هـ) وهو أبو الحسن علاء الدين على بن أبى حزم القرشى والذى يعتبر إماما فى الطب لا يضاهى فى ذلك ولا يدانى استحضارا واستنباطا. فقد كان ابن النفيس أول من اكتشف الدورة الدموية الصغرى، وهى الدورة الرئوية، وذلك قبل الطبيب الإنجليزى المشهور ويليام هارفى William Harvey بثلاثة قرون، الذى ظهر مؤلفه عام ١٦٢٨ م وقد فصل ذلك بدقة فى كتابه «شرح تشريح القانون»، وزيضا الشيخ كمال الدين الدميرى (٨٠٨ هـ) فى كتابه «حياة الحيوان الكبرى».

ولا يفوتنا أن نذكر بعضا من علماء علم الأحياء العالميين والذين أثروا هذا العلم. ومن هؤلاء العلماء ليفنهوك Antony van Leevwenhoek (١٦٣٢-١٧٢٣ م) الذى اخترع التلسكوب والمجهر الضوئى وأمكن بواسطته مشاهدة الكثير من الكائنات الدقيقة بما فيها البكتيريا. وقد كان العالم الإنجليزى روبرت هوك Robert Hooke أول من شاهد الخلايا، وفى عام ١٨٣٨ م أعلن شليدن Malthias Schleiden نظرية تركيب الأنسجة النباتية من خلايا ويعتبر مؤسس علم الخلية، وتلاه العالم شوفان Theodor Schwann والذى كان أول من نادى بأن أنسجة الحيوان تتركب من خلايا. ثم تتابعت الاكتشافات التى توجت باكتشاف العالمين جيمس واطسون وفرانسيس كريك Watson and Crick عام ١٩٥٣ م أن حامض الدنا يتركب من لولب ثنائى على شكل حلزون ملفوف، وقد كان هذا الفتح العلمى هو الشرارة التى ألهمت العلماء وأدت إلى اكتشاف الجينوم البشرى الذى سيستكمل عام ٢٠٠٣، والذى سوف تستتبعه تغيرات جذرية فى فروع علم الأحياء مثل المناعة، ونقل الأعضاء، والاستنساخ والبيولوجيا الجزيئية وتقنيات الهندسة الوراثية والعلاج بالجينات وغيرها. وكان من أهم العلماء الذين أثروا علم الأحياء العالم تشارلس داروين Charles Darwin (١٨٠٩-١٨٨٢ م) الذى نشر كتاب «أصل الأنواع»، والذى قدم مع العالم «الفريد راسل» Alfred Russel «نظرية التطور» بالانتخاب الطبيعى. وفى هذا الصدد لابد أن نشير إلى العالم «جريجور مندل» Gregor Mendel مؤسس علم الوراثة (١٨١٢-١٨٨٢ م).

ولا غرو فقد جاء في القرآن الكريم بعض من الآيات البينات عن الحيوان منها على سبيل المثال لا الحصر ﴿وَمَا مِن دَابَّةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا طَائِرٍ يَطِيرُ بِجَنَاحَيْهِ إِلَّا أُمَمٌ أَمْثَالُكُم مَّا فَرَّطْنَا فِي الْكِتَابِ مِن شَيْءٍ ثُمَّ إِلَىٰ رَبِّهِمْ يُحْشَرُونَ (٣٨)﴾ [الأنعام]. وقال تعالى: ﴿وَاللَّهُ خَلَقَ كُلَّ دَابَّةٍ مِّن مَّاءٍ فَمِنْهُم مَّن يَمْشِي عَلَىٰ بَطْنِهِ وَمِنْهُم مَّن يَمْشِي عَلَىٰ رِجْلَيْنِ وَمِنْهُم مَّن يَمْشِي عَلَىٰ أَرْبَعٍ يَخْلُقُ اللَّهُ مَا يَشَاءُ إِنَّ اللَّهَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ (٤٥)﴾ [النور]، وعن النحل قال تعالى: ﴿وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّحْلِ أَنِ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا يَعْرِشُونَ (٦٨) ثُمَّ كُلِي مِن كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلُلًا يَخْرُجُ مِن بُطُونِهَا شَرَابٌ مُّخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِّلنَّاسِ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ (٦٩)﴾ [النحل]، وعن النمل قال تعالى: ﴿حَتَّىٰ إِذَا أَتَوْا عَلَىٰ وَادِ النَّمْلِ قَالَتْ نَمْلَةٌ يَا أَيُّهَا النَّمْلُ ادْخُلُوا مَسَاكِنَكُمْ لَا يَحْطِمَنَّكُمْ سُلَيْمَانُ وَجُنُودُهُ وَهُمْ لَا يَشْعُرُونَ (١٨)﴾ [النمل]، وقال تعالى: ﴿يَا أَيُّهَا النَّاسُ ضُرِبَ مَثَلٌ فَاسْتَمِعُوا لَهُ إِنَّ الَّذِينَ تَدْعُونَ مِن دُونِ اللَّهِ لَن يَخْلُقُوا ذُبَابًا وَلَوِ اجْتَمَعُوا لَهُ وَإِن يَسْلُبْهُمُ الذُّبَابُ شَيْئًا لَّا يَسْتَنقِذُوهُ مِنْهُ ضَعُفَ الطَّالِبُ وَالْمَطْلُوبُ (٧٣)﴾ [الحج]، وعن اللؤلؤ قال تعالى: ﴿يَخْرُجُ مِنْهُمَا اللُّؤْلُؤُ وَالْمَرْجَانُ (٢٢)﴾ [الرحمن].

وفي ظل التوسع في التدريس بالجامعات والكليات والمعاهد على مستوى العالم العربي بلغة الضاد، ورغما من صدور الكثير من المؤلفات باللغة العربية، فقد لمسنا الحاجة إلى مرجع يعرض فروع علم الحيوان بأسلوب سلس يشمل أحدث ما وصل إليه علم الحيوان من اكتشافات ينبغي على دارسي علم الحيوان الإلمام بها. ومساهمة في إثراء المكتبة العربية ضمن السلسلة الرائدة التي تصدرها «دار الفكر العربي» في فروع العلوم المختلفة، ومن واقع خبرة المؤلفين التدريسية لسنوات طويلة، فقد رأوا توفير هذا المرجع الحديث دون تطويل أو إسهاب ليتضمن «أساسيات علم الحيوان» بدءا من المادة فتركيب الخلية وأيضا الاكتشافات الحديثة في وظائف الأعضاء، يلي ذلك أمثلة من المملكة الحيوانية من الأوليات حتى الإنسان في أسلوب واضح وشيق مدعما بالأشكال التوضيحية واللوحات الملونة والذي لا يتضمن فقط عرض الأساسيات التي ينبغي لدارسي علم الحيوان أن يلم بها، ولكن هناك إشارة لأهمية هذه الدراسات وعلاقتها بالإنسان سواء من الناحية الطبية أو أهميتها في البحوث البيولوجية، والتي تقدمت تقدما كبيرا منذ منتصف القرن العشرين حتى الآن.

فالعلوم البيولوچية ـ ومنها علم الحيوان ـ شهدت خلال العقود الأخيرة تقدما مذهلا بفضل التقنيات الحديثة وتضافر جهود العلماء والهيئات والمؤسسات بل الحكومات. ولا شك أن نتائج تلك الاكتشافات ستسهم في توضيح وفهم أعمق للكثير من المعلومات التي كانت سائدة قبل ذلك.

ويحتوي كتاب «أساسيات علم الحيوان» على خمسة أبواب رئيسية كل منها يضم عددا من الفصول؛ فيشمل **الباب الأول** عرضا للتركيب الكيميائي للبروتوبلازم وآليات التحكم الجزيئي، وتركيب الخلية ومكوناتها وكيفية أداء وظائفها ويستعرض تعريفًا للهندسة الوراثية والطفرات والاستنساخ، كما يعالج هذا الباب في نهايته انقسام الخلية.

ويتناول **الباب الثاني** عرضا لأهم الأنسجة الحيوانية وأنواعها وتركيبها الدقيق ووظائفها. ويتضمن **الباب الثالث** دراسة سوائل الجسم والڤيتامينات ومكونات الغذاء وفسيولوچية الهضم والامتصاص والأيض، والأجهزة الدورية والتنفسية والإخراجية والتحكم العصبي والهرموني.

أما **الباب الرابع** فيشمل تصنيف المملكة الحيوانية في ظل التقسيم الحديث والأسس التي بُني عليها هذا التقسيم، مع عرض تفصيلي للشعب المختلفة بدءًا من الأوليات فالإسفنجيات فاللاسعات فالسيلوميات الكاذبة والسيلوميات مع أمثلة لكل شعبة وطائفة ورتبة وعرضا لتركيبها وتاريخ حياتها. ونظرا لأهمية التطفل في حياة الإنسان فقد ذكرت الطفيليات الأساسية التي تصيبه، ودورة حياتها وطرق مقاومتها مع الإشارة إلى الأهمية الاقتصادية والتطبيقية والبيولوچية لأمثلة اللا فقاريات وعلاقاتها بالإنسان.

ويتناول **الباب الخامس** شعبة الحبليات بأقسامها المختلفة بدءًا من الرأسحبليات حتى الثدييات مع عرض لأهم صفاتها وأجهزتها المختلفة وتركيبها الداخلي وعلاقة بعضها ببعض مع شرح كيفية نشأة الكائن الحي ومراحل نموه حتى تكوين الأعضاء الرئيسية مع الإشارة إلى أهمية علم الأجنة.

ويأمل المؤلفون أن يكون الكتاب مرجعا يقدم للطلاب الأساسيات لعلم الحيوان، ويكون لهم عونا في دراساتهم اللاحقة في فروع علم الحيوان المختلفة.

المؤلفون

المحتويات

الباب الثاني

الباب الخامس
الفقاريات

تمهيد

تعريف علم الحيوان Definition of Zoology

تشتمل علوم الأحياء "Biology" على دراسة الكائنات الحية، والكلمة مشتقة من الأصول اللاتينية (bios = الحياة، logos = دراسة) وتنقسم علوم الأحياء إلى فرعين:

(١) علم الحيوان Zoology (zoo = حيوان، logos = علم) ويهتم هذا الفرع بدراسة الحيوانات.

(٢) علم النبات Botany وهو المختص بدراسة النباتات.

وفيما يلى بعض من الفروع الهامة لعلم الحيوان:

١- علم التشريح Anatomy: ويختص بدراسة شكل وحجم ومكان الأجزاء المختلفة من الجسم.

٢- علم الكيمياء الحيوية Biochemistry: وهو مرتبط بدراسة التركيب الكيميائى للمادة الحية من حيث الكم والكيف.

٣- علم الخلية Cytology: ويبحث فى تركيب ووظائف الخلايا وانقسامها.

٤- علم البيئة Ecology: وهو دراسة علاقة الحيوان بالبيئة المحيطة به ومدى تأقلم الحيوان لهذه البيئة التى يعيش فيها.

٥- علم الأجنة Embryology: ويهتم بدراسة كيفية تكوين ونمو الجنين بداية من التقاء البويضة بالحيوان المنوى حتى يصير فردا كاملا.

٦- علم الوراثة Genetics: وهو دراسة توارث الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء.

٧- علم الأنسجة Histology: وهو متعلق بدراسة التركيب الدقيق للأنسجة.

٨- علم الوصف الخارجي Morphology: وهو خاص بدراسة شكل وتركيب الكائن الحى من الخارج.

٩- علم الطفيليات Parasitology: ويختص بدراسة الحيوانات التى تتطفل وتعيش على حيوانات أخرى.

١٠- علم وظائف الأعضاء (الفسيولوچى) **Physiology** : ويبحث فى وظائف أعضاء وأجهزة الجسم المختلفة.

١١- علم التقسيم **Taxonomy**: وهو مرتبط بدراسة تقسيم الأحياء إلى مجموعات تتشابه فى الشكل والتركيب ووظائف الأعضاء لكى يسهل دراستها.

ولعلوم الأحياء علاقة وثيقة بغيرها من العلوم، مثال ذلك علم الحفريات **Paleontology** والذى يجمع بين الچيولوچيا والنبات والحيوان وذلك بغرض دراسة الحيوانات والنباتات التى عاشت فى الأزمنة السابقة، حيث يعتمد هذا العلم على دراسة الحفريات لإعطاء صورة للحياة فيما قبل التاريخ، وعلم الفيزياء الحيوية **Biophysics** والذى يجمع بين الفيزياء والحيوان والنبات حيث يتناول تطبيق القوانين الفيزيائية على الأحياء، وأيضا علم الهندسة الطبية البيولوچية **Biomedical engineering** حيث يجمع بين علوم الهندسة والطب والأحياء بغرض الاستفادة من الأجهزة الحديثة لدراسة الكائنات الحية واستخدام هذه الأجهزة فى التشخيص والعلاج بالنسبة للإنسان.

التقنية النانومترية: Nanotechnology

فى السنوات الأخيرة بدأ استخدام طرق وأساليب جديدة تستهدف السيطرة على المادة عند حدود ١ - ١٠٠ نانومتر (النانومتر = $١٠^{-٩}$ متر). وتعرف هذه الطرق بالتقنية النانومترية أو تكنولوچيا النانو **nanotechnology**، حيث يتم دراسة استخدام هذه التقنية لتطبيقها فى مجالات عديدة ومنها مجال العلوم البيولوچية، وخاصة فى مجالى الانتقال البيولوچى **biological transport** والإلكترونات البيولوچية **bioelectronics**. حيث تستخدم الجزيئات البيولوچية مثل البروتينات **proteins** والبروتينات الليبيدية **lipoproteins** والأحماض النووية **nucleic acids** فى العديد من تطبيقات التقنية النانومارية **nanotechnology appliactions**.

خصائص الحياة The characteristics of life

تحتوى كل الكائنات الحية على مادة البروتوبلازم **protoplasm**، وكما هو معروف لا توجد حياة بدون بروتوبلازم؛ ولذا فالبروتوبلازم له من الخواص الفسيولوچية ما يحدد وظائف الخلية وهى:

١- الحساسية **Irritability**: وهي مقدرة البروتوبلازم للاستجابة لأى مؤثرات، وهنا يمكن أن تكون الاستجابة بإحدى خصائص البروتوبلازم الأخرى.

٢- الحركة **Movement**: وتعنى المقدرة على الحركـة كالمشى والجرى والزحف والسباحة والطيران، علما بأن هناك بعض الحيوانات كالأسفنجيات **sponges** والشعاب المـرجانية **corals** لا تستطيع الحـركة ولكن معظمـها يمتلك أهدابا **cilia** أو أسواطا **flagellae**.

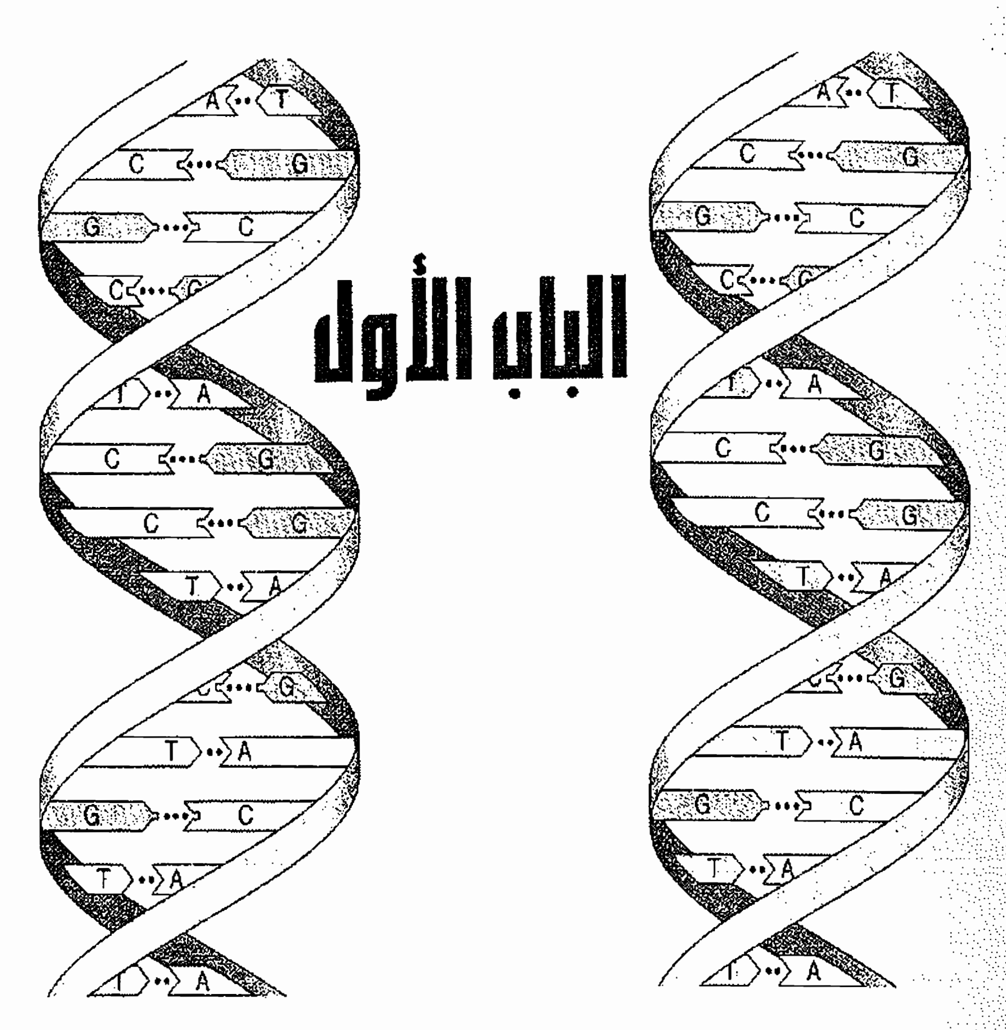
٣- النمو **Growth**: وهو يعنى الزيادة فى كتلة الخلايا **cellular mass** وهذا إما بزيادة حجم الخلايا أو بزيادة أعداد الخلايا.

٤- التكاثر **Reproduction**: ويعنى المقدرة على زيادة النسل لتكوين أفراد جدد تشبه الأبوين.

٥- التمثيل الغذائى (الأيض) **Metabolism**: ويقصد به العمليـات الكيميائية التى تحـدث داخل خلايا الجسـم حـيث إن كل كائـن حى يحتـاج إلى المواد الغذائية المعقدة والتى يتم تحـويلها عن طريق الهضم إلى مواد بسيطة تمتص ثم تصل إلى خلايا الجسم المختلفة للاستفادة منها.

٦- التنفس **Respiration**: ويعنى تبـادل الغازات (وخـاصة الأكسـجين وثانى أكسـيد الكربون) بين الهواء الخـارجي والدم حيث يصل الأكسـجين إلى كل خلايا الجسم ويستخدم فـى أكسدة نواتج الهضم لانطلاق الطاقة وتكوين ثانى أكسيد الكربون والماء.

الباب الأول



تركيب ووظيفة الخلية

الفصل الأول : التركيب الكيميائى للبروتوبلازم

الفصل الثانى : تركيب الخلية

الفصل الأول

التركيب الكيميائى للبروتوبلازم

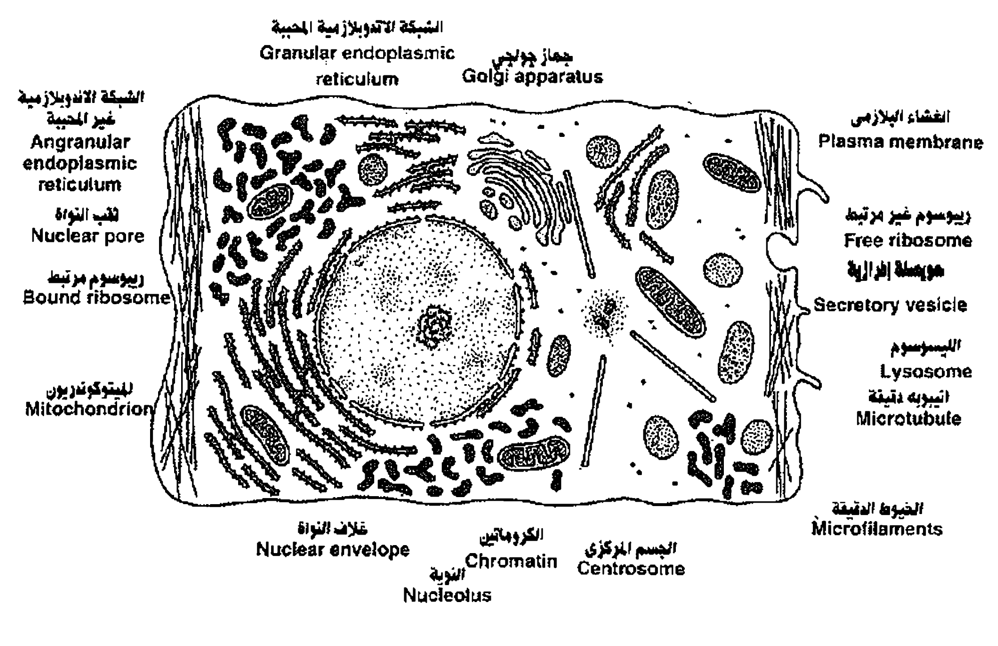
Chemical Structure of Protoplasm

تعتبر الخلية هى الوحدة من حيث الوظيفة والتركيب لكل الأنسجة الحية. وكل خلية تمتلك المقدرة لكى تؤدى جميع الوظائف الحيوية الضرورية. ومن المعروف أن خلايا أنسجة وأعضاء الجسم المختلفة تبدى نوعا من التخصص من حيث الشكل والوظيفة ليلائم عمل النسيج أو العضو الموجودة فيه هذه الخلايا، وهذا ما يعرف باسم التميز **differentiation**. وفى السنوات الأخيرة استخدم كل من المجهر الضوئى والمجهر الإلكترونى وبمساعدة التقنيات الحديثة فى الكيمياء الحيوية والمناعة وذلك بغرض دراسة وتحديد أماكن العديد من العمليات البيولوجية داخل الخلية.

مفهوم الخلية Cell concept

بدأ تعريف الخلية على أنها وحدة بناء الكائن الحى فى عام ١٦٦٥م عندما أشار العالم الإنجليزى روبرت هوك **Robert Hook** إلى كلمة الخلية والذى أطلقها على وحدة بناء نسيج الأسفنج. وفى عام ١٨٣١م اكتشف العالم براون **R. Brown** أنوية الخلايا ووصف النواة على أنها كتلة مركزة داخل الخلية. وأول من أشار إلى البروتوبلازم **protoplasm** على أنه أساس المادة الحية لكل من النباتات والحيوانات هو العالم بركنجى **J. Purkinje** وقد أكد ذلك المعنى العالم شولتيز **Schultz** عام ١٨٦٤م بأن البروتوبلازم هو الأساس الطبيعى للحياة. وفى الفترة ما بين ١٨٣٩-١٨٦٤م بدأ الحديث عما يعرف باسم النظرية الخلوية **cell theory** والتى تنص على أن جميع الحيوانات والنباتات تتركب من خلايا ونواتج لهذه الخلايا وأن الخلية هى وحدة بناء الكائن الحى من حيث الوظيفة والتركيب هذا بالإضافة إلى أن الخلية تنتج من خلية أخرى متواجدة من قبل.

وتشتمل الخلية على غشاء من الخارج يعرف باسم الغشاء البلازمى **plasma membrane** أو غشاء الخلية **cell membrane** بالإضافة إلى البروتوبلازم **protoplasm** والذى يتكون من السيتوبلازم **cytoplasm** والنواة **nucleus** المحاطة بغلاف النواة **nuclear envelope** ومحتوية على الشبكة الكروماتينية **chromatin network** ونوية واحدة **nucleolus** أو أكثر (شكل ١-١).



شكل (١ ـ ١) *تركيب الخلية*

Cell structure

التحليل الكيميائى للمادة الحية Chemical analysis of living matter

تعتمد الأنشطة البيولوچية على التفاعلات الكيميائية التى تتم داخل الخلايا وهذه التفاعلات تشتمل على العناصر الكيميائية الموجودة بأنسجة الكائنات الحية. ولقد أظهرت التحاليل الكيميائية للمادة الحية أنها تتكون من ٦٠-٩٠٪ ماء (وفى الحيوانات الراقية **higher animals** يُكوّن الماء ما بين ٦٠-٧٠٪ من وزن الجسم)، ١٥٪ بروتين، ١٠-١٥٪ ليبيدات، ١٪ مواد كربوهيدراتية و٥٪ أيونات غير عضوية (مثل الصوديوم والبوتاسيوم والكلوريد والكبريتات .... إلخ).

(أ) المادة غير العضوية Inorganic matter

إن الجزء غير العضوى من المادة الحية يكون على هيئة ماء ومعادن **minerals**. والمعادن توجد فى صورة صلبة مثل: العظام والأسنان والأصداف، وأيضا توجد المعادن داخل خلايا الجسم إما متأينة أو مرتبطة بالمادة العضوية. ومعظم المعادن ومركباتها

داخل الخلايا تكون فى صورة متأينة مثل Mg^{++}, Na^{+}, Ca^{++}, H^{+}, SO_4^{--}, Cl^{-}, HCO_3^{-}, CO_3^{--}, OH^{-}.

(ب) المادة العضوية Organic matter

لقد استخدم تعبير المركبات العضوية **organic compounds** للمواد المشتقة من النباتات والحيوانات. وتحتوى كل المركبات العضوية على عنصر الكربون هذا بالإضافة إلى أن معظمها يحتوى كذلك على الهيدروچين والأكسچين وأيضا النيتروچين والكبريت والفوسفور وعناصر أخرى.

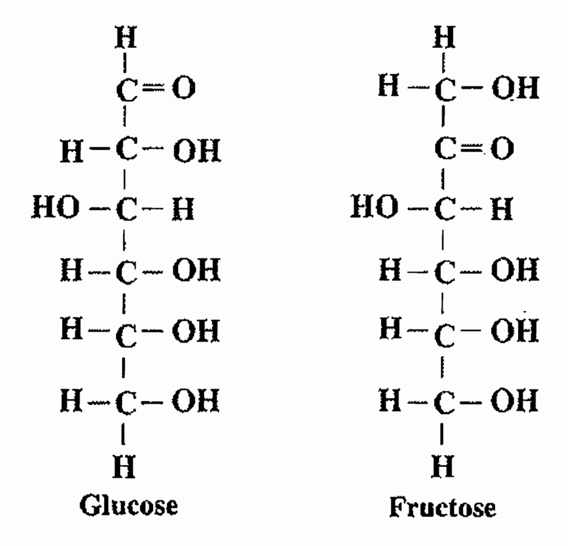
والمواد الكربوهيدراتية والليبيدات والبروتينات والأحماض النووية تُكَوِّن أكبر الجزيئات العضوية داخل خلايا الجسم وبدورها فإن هذه الجزيئات تكون متصلة مع بعضها لتكوّن تراكيب خلوية أكثر تعقيدا **larger cellular structures**.

١ - المواد الكربوهيدراتية Carbohydrates

تتكون المواد الكربوهيدراتية من الكربون والهيدروچين والأكسچين ويتم تصنيعها فى النباتات الخضراء من الماء وثانى أكسيد الكربون بمساعدة الطاقة الشمسية ويطلق على هذه العملية البناء الضوئى **photosynthesis**، وتقسم عادة المواد الكربوهيدراتية إلى ثلاث مجموعات هى:

- السكريات الأحادية **monosaccharides**
- السكريات الثنائية **disaccharides**
- السكريات العديدة **polysaccharides**

- **السكريات الأحادية** هى أبسط المواد الكربوهيدراتية، ويتراوح عدد ذرات الكربون فى الجزىء من ثلاث إلى سبع ذرات؛ لذا فهى تقسم طبقا لعدد ذرات الكربون إلى سكريات ثلاثية أو رباعية أو خماسية أو سداسية. ومن أشهر السكريات السداسية الجلوكوز والفراكتوز والجلاكتوز. وتعتبر السكريات من أهم مصادر الطاقة فى الجسم.



Glucose　　　　Fructose

أما السكريات الثنائية فهى تتكون من اتحاد جزيئين مـن أحاديات التسكر، فعلى سبيل المثـال عند اتحاد جزيئين من الجلوكـوز يتم الارتباط بين ذرة الكربون رقم (١) فى جزىء مع ذرة الكربون رقم (٤) فى الجزىء الآخر لتكوين ثنائى التسكر المالتوز.

$$\text{Monosaccharide} + \text{Monosaccharide} \underset{+H_2O}{\overset{-H_2O}{\rightleftharpoons}} \text{Disaccharide}$$

Monosaccharide　　Monosaccharide　　Disaccharide

ومن أشهر ثنائيات التسكر السكروز والمالتوز واللاكتوز.

وأما السكريـات العديدة فهى جـزيئات معـقدة حيث تنتج من اتحـاد العديد من الجزيئات أحادية التسكر ومن أمـثلتها النشا النباتى **starch** والنشا الحيوانى (جليكوجين **glycogen**). والنشا النباتى هـو المادة الكربوهيدراتية المختزنة فى مـعظم النباتات وينتج من اتحاد حوالى ٣٠٠ وحدة جلوكوز، ويتم ذلك بواسطة النبـات الأخضر بعملية البناء الضوئى، بينمـا الجليكوجين هو المادة الكربوهيدراتيـة المختزنة فى الحـيوانات وينتج من اتحاد حوالى ٢٨-٣٠ وحدة جلوكوز ويختزن بكميات كبيرة فى الكبد والعضلات.

٢- الليبيدات Lipids (الدهون ومشتقاتها)

تشتمل الليبيدات على الدهون الحقيقية والتى يطلق عليها الليبيدات البسيطة **simple lipids**، والليبيدات المركبة **compound lipids** والستيرودات **steroids**.

والليبيدات البسيطة أو ما تعرف باسم الدهون الحقيقية **true fats** تتكون من الأكسجين والكربون والهيدروجين وتنتج بواسطة إرتباط ٣ جزيئات من الأحماض الدهنية **fatty acids** مع جزىء الجلسيرول **glycerol**؛ ولذا يطلق عليها الجلسريدات الثلاثية **triglycerides**، وتعرف الآن باسم ثلاثى اسيل الجلسيرول **triacylglycerol**.

$$
\begin{array}{l}
R_1-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH \\
R_2-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH \\
R_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH
\end{array}
\;+\;
\begin{array}{l}
HO-CH_2 \\
\quad\;\; | \\
HO-CH \\
\quad\;\; | \\
HO-CH_2
\end{array}
\xrightarrow{-3\,H_2O}
\begin{array}{l}
R_1-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O-CH_2 \\
\qquad\qquad\quad\;\; | \\
R_2-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O-CH \\
\qquad\qquad\quad\;\; | \\
R_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O-CH_2
\end{array}
$$

3 Fatty acids **Glycerol** **Triglyceride**

وللدهون عدة وظائف فى الجسم فهى تعتبر المصدر الرئيسى للطاقة حيث إن كمية الطاقة الناتجة من أكسدة الدهون تفوق الطاقة الناتجة من أكسدة الجلوكوز. ومن الثابت أن المادة الكربوهيدراتية الزائدة عن حاجة الجسم يتم تحويلها داخل الخلايا إلى مادة دهنية لكى تختزن لحين الحاجة إليها.

أما الليبيدات المركبة فهى شبيهة للدهون وتنتج من اتحاد الجلسيرول (أو أى كحول آخر) مع الأحماض الدهنية وأيضا بعض الجزيئات الأخرى مثل قاعدة نيتروجينية (على سبيل المثال مادة الكولين **choline**) وحامض الفوسفوريك **phosphoric acid** وأحادى تسكر. ومن أهم الليبيدات المركبة الفوسفوليبيدات **phospholipids** مثل الليسيثين **lecithin** الموجود فى صفار البيض. وعند اتحاد الليبيدات بالسكريات تُكوّن ما يعرف باسم الجليكوليبيدات **glycolipids**، وكذلك تتحد الليبيدات مع البروتينات لتُكوّن الليبيدات البروتينية **lipoproteins**؛ لذا فالفوسفوليبيدات تشارك جزيئات،

البروتينات لتكوّن التركيب الأساسى لأغشية الخلايا وأيضا أغشية الميلين **myelin sheaths** فى الألياف العصبية.

$$\underset{\text{Glycerol}}{\begin{matrix} H-\overset{H}{\overset{|}{C}}-OH \\ H-\overset{|}{C}-OH \\ H-\overset{|}{C}-OH \end{matrix}} + \underset{\text{Fatty acids}}{\begin{matrix} HOOC-R \\ HOOC-R \end{matrix}} + \underset{\text{Phosphoric acid}}{\begin{matrix} HO-P-OH \\ HO \; O \end{matrix}} + \underset{\text{choline}}{HO-CH_2-CH_2-N^+(CH_3)_3}$$

$$\longrightarrow \underset{\text{Glycerophosphocholine}}{\begin{matrix} H-\overset{H}{\overset{|}{C}}-OOC-R \\ H-\overset{|}{C}-OOC-R \\ H-\underset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}-O-\underset{HO \;\; O}{P}-O-CH_2-CH_2N^+(CH_3)_3 \end{matrix}} + 4H_2O$$

Glycerophosphocholine

أما الستيرودات فهى ليست متشابهة من حيث التركيب الكيميائى مع الدهون ولكن وُضعت معها ضمن الليبيدات للتشابه فى الخواص الكيميائية، وأهمها عدم الذوبان فى الماء والإذابة فى المذيبات العضوية **organic solvents** ومن أشهر الأمثلة للمركبات الاستيرودية فى الجسم الكولستيرول **(Cholesterol $C_{27}H_{45}OH$)** وأيضا الهرمونات الجنسية.

Cholesterol

٣- البروتينات **Proteins**

البروتينات جزيئات كبيرة معقدة تتميز باحتوائها على النيتروچين وهى موجودة فى كل أنسجة الجسم وتحتوى على ٢٠ نوعًا من الأحماض الأمينية والتى تكون موجودة عادة فى كل أنواع البروتينات ولكن الاختلاف بين بروتين وآخر هو تسلسل وتتابع هذه

الأحماض الأمينية فى تركيب البروتين، وهذا يعطى فكرة عن إمكانية تصنيع أعداد لا حصر لها من البروتينات.

وكل حامض أمينى يحتوى على مجموعة أمينية **(amino group-NH_2)** ومجموعة كربوكسيل **(carboxyl group-COOH)** بحيث تكونان متصلتين بنفس ذرة الكربون في الحامض الأمينى. والرمز العام لأى حامض أمينى هو:

$$H_2N-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle R}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-COOH$$

حيث تمثل **(R)** ذرة أو مجموعة ذرات خاصة بكل حامض أمينى. فمثلا الحامض الأمينى ـ الجليسين **glycine** وهو أبسط الأحماض الأمينية يرمز له:

$$H_2N-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-COOH$$

وفى هذا الحامض الأمينى تمثل **R** ذرة هيدروچين، ومن الممكن أن تكون **R** مجموعة ذرات، فعلى سبيل المثال فى الحامض الأمينى آلانين **alanine** فهى **CH_3** ورمزه:

$$H_2N-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-COOH$$

وعند تكوين البروتين فإن الأحماض الأمينية ترتبط معا بواسطة رابطة ببتيدية **peptide bond** وذلك بين مجموعة أمينية فى حامض أمينى ومجموعة كربوكسيل فى حامض أمينى آخر.

$$H_2N-\underset{R}{CH}-C(=O)-OH + H-NH-\underset{R}{CH}-C(=O)-OH \longrightarrow H_2N-\underset{R}{CH}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\overset{H}{\overset{|}{N}}-\underset{R}{CH}-C(=O)-OH + H_2O$$

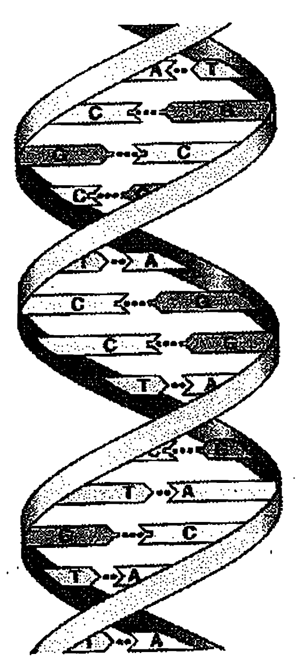
Peptide bond

ومن هنا فإن ارتباط اثنين من الأحماض الأمينية يُكوّن مركبا يسمى ثنائى الببتيد وبإضافة حامض أمينى ثالث يتكون ثلاثى الببتيد، وهكذا بتتابع العديد من الأحماض الأمينية يتكون مركب يسمى عديد الببتيد، وبهذه الطريقة يتم تصنيع البروتينات المعقدة.

الأحماض الأمينية الضرورية Essential amino acids

يستخدم تعبير الأحماض الأمينية الضرورية لتلك الأحماض التى يحتاجها الجسم فى تجديد الأنسجة والنمو ولكن لا يتم تصنيعها داخل خلايا الجسم بكميات تكفى هذه الاحتياجات؛ لذا فهى ضرورية لوجودها فى الغذاء على هيئة بروتينات. أما الأحماض الأمينية الأخرى والتى يطلق عليها غير الضرورية **non-essential**، فهى التى يتم تصنيعها داخل خلايا الجسم. والأحماض الأمينية الضرورية هى: الليوسين **leucine**، والأيزوليوسين **isoleucine**، والميثيونين **methionine**، والفينيل ألانين **phenylalanine**، والهستدين **histidine**، والأرجنين **arginine**، والليسين **lysine**، والتريبتوفان **tryptophan**، والفالين **valine**، والثريونين **threonine**.

وتكوّن البروتينات جزءًا هاما من بروتوبلازم خلايا النبات والحيوان وأيضا تدخل فى تركيب الكروموسومات وأغشية الأنوية والخلايا وكل التراكيب الموجودة داخل السيتوبلازم مثل الميتوكوندريا والريبوسومات والخيوط المغزلية. هذا بالإضافة إلى وجود العديد من البروتينات فى الجسم والتى تلعب دورًا هاما كعوامل مساعدة فى تنشيط التفاعلات الكيميائية، وهى ما تعرف باسم الإنزيمات **enzymes** حيث إن الإنزيمات تساعد فى إتمام كل العمليات الكيميائية المرتبطة بعملية الانتقال خلال أغشية الخلايا وانقباض العضلات وتوصيل الإشارات العصبية وأيضا عمليات الهضم والامتصاص والتمثيل الغذائى.



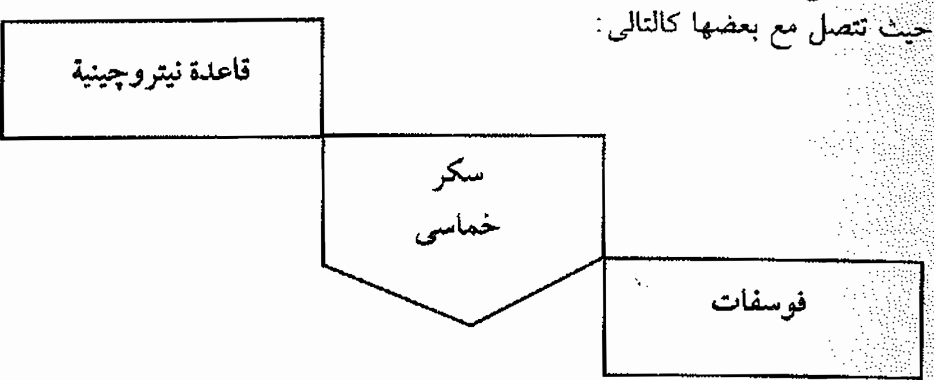
شكل (١ـ ٢) تركيب اللولب المزدوج للحامض النووى الدى أوكسى ريبوزى (الدنا)

Double helical structure of DNA

٤ - الأحماض النووية Nucleic acids

الأحماض النووية هى مواد معقدة ذات وزن جزيئى كبير وهى نوعان: الحامض النووى الدى أوكسى ريبوزى **deoxyribonucleic acid**

(الدنا DNA) والحامض النووى الريبوزى **ribonucleic acid** (الرنا **RNA**). وجزىء الدنا هو المادة الوراثيــة الحقيــقيــة المكونة للچينات والذى أُكْـتشف تركيـبه الجـزيئى عام ١٩٥٣م حيث وُجــد أن هذا الحامض النـووى عــبارة عن شريطين مــتعــانقين فى صورة لولب مـزدوج يشــبه الســلم الحلزونى (شكل ١ - ٢)، ويحــمل كل شــريط على طوله مجمـوعة كبيــرة من الوحدات تسمى النيكليــوتيدات **nucleotides** وتحتوى كل وحدة على ٣ أنواع من الجزيئات هى: سكر خمــاسى ومجموعة فوسفات وقاعــدة نيتروچينية حيث تتصل مع بعضها كالتالى:



والسكر فى جزىء الدنا هو سكر يعرف باسم الدى أوكسى ريبوز **deoxyribose** أما السكر فى جزىء الرنا فيسمى الريبوز **ribose**.

HO - CH$_2$ ... O ... OH (C, H, H, H, H, HO, H)

Deoxyribose

HO - CH$_2$ ... O ... OH (C, H, H, H, H, OH, OH)

Ribose

والتركيب الجـزيئى لحامض الفوسفوريك فى كـلا النوعين من الأحماض النووية هو:

$$\begin{array}{c} OH \\ | \\ HO - P - OH \\ \| \\ O \end{array}$$

والقــواعــد النيــتــروچينيــة فى جــزىء الدنا هى: الأدينين **adenine** والجوانين **guanine** والسيتوزين **cytosine** والثيامين **thymine**.

أما فى جزىء الرنا فإن القاعـدة النيتروچنية الثيامين تستبـدل بقاعدة أخرى تعرف باسم اليوراسيل **uracil**.

Cytosine

Guanine

Adenine

Uracil
(يوجد فى جزئ الرنا فقط)

Thymine
(يوجد فى جزئ الدنا فقط)

والحـامض النـووى الريبوزى يوجد على ثلاثة أشكال هى: المرسال **messenger (mRNA)**، والريبوسومى **ribosomal (rRNA)**، والناقل **transfer (tRNA)**. وفى كل الخـلايا الحيـة تقـود المعلومات الوراثيـة المخـزونة فى الدنا عمليـة تركـيب وتصنيع البـروتينات، فالرسـالة الوراثيـة تنسخ من قـبل الرنا المرسال الـذى يحملها بدوره إلى جسيـمات تسمى الريبوسـومات حيث يتم تصنيع البروتينات بمسـاعدة الرنا الناقل الذى يثبت نفـسه على الأحمـاض الأمينية ويربطهـا فى السلسلة البروتينيـة النامية. وتحـتوى الريبوسومـات نفسها على النوع الثالث من الرنا وهو الريبـوسومى، وللأنواع الثلاثة من الرنا دور هام فى العمل داخل الخلية وذلك لكونها حلقة الوصل بين الدنا والبروتين.

آليات التحكم الجزيئي Molecular control mechanisms

من المعروف أن العديد من صفات الكائنات الحية مثل لون العين أو الجلد إنما يرجع لوجود بروتينات معينة لدى هذه الكائنات، كذلك نجد فى الكائن الواحد أن الخلايا العضلية تختلف عن الخلايا العصبية وكذلك عن الخلايا الطلائية، وهذا يرجع أيضا للبروتينات الموجودة فى كل نوع من هذه الخلايا، وبجانب دور البروتينات كأحد أهم العناصر البنائية فى الخلايا فإنها تُعتبر أيضا من المكونات الأساسية لكل الوظائف الخلوية حيث تختلف الجزيئات البروتينية عن باقى الجزيئات الكيميائية فى الجسم لكونها لها المقدرة على الارتباط بجزيئات عضوية أخرى أو أيونات وهذا ما يعرف باسم الارتباط **binding**.

خصائص أماكن الارتباط للبروتين Characteristics of protein binding sites

إن مقدرة البروتينات على الارتباط بالجزيئات أو الأيونات الأخرى هى عملية اختيارية **selective**، وفى بعض الأحيان تكون شديدة التخصصية بحيث إن نوعًا معينًا من البروتين لا يستطيع الارتباط إلا بنوع واحد من الجزيئات أو الأيونات. وهذه التخصصية تسمح للبروتين أن يتعرف على وجود نوع معين من الجزيئات فى محلول يحتوى على المئات من الجزيئات المختلفة.

ومن هنا يمكن تعريف ما يسمى بالرابط **ligand**، وهو أى جزيء أو أيون يمكن أن يرتبط على سطح البروتين بقوى غير الروابط الكيميائية التساهمية **covalent chemical bonds**. وهذه القوى إما أن تكون عن طريق الجذب الكهربى بين الشحنات المتضادة على كل من الرابط والبروتين، أو بسبب الجذب الضعيف لمناطق فى الجزيئات بدون شحنة ولكن لتجاورها وتشابهها فى الشكل وهذا ما يعرف باسم قوى ڤان درڤال **Van der Waal forces**، كذلك فإن الارتباط يتم على مناطق صغيرة على سطح البروتين تسمى أماكن الارتباط **binding sites**.

ويعبر عن هذا الارتباط بأنه ارتباط عكسى بين الرابط **(L)** ومكان الارتباط على البروتين **(Pb)**.

$$L + Pb = Pb.L$$

وكتابة الارتباط بهذا الشكل يعنى عدم وجود رابطة كيميائية تساهمية بين الرابط والبروتين. ويمكن أن يكون لجزيء البروتين عدة أماكن للارتباط بأكثر من رابط **several binding sites** حيث يكون كل مكان مخصصا لرابط معين.

١- التخصصية الكيميائية Chemical specificity

لكي يرتبط الرابط بسطح البـروتين يشترط أن يكون هناك تشـابه في شكل الرابط مع شكل مكان الارتباط علي سطح البروتين مع كونهما متقاربين أيضا. ومن هنا نجد أن مكان ارتباط البروتين لا يصلح إلا للروابط التي لديها أشكال ملائمة مع هذا المكان على البروتـين، وهذه هي التخـصصيـة الكيميـائيـة والتي يحددها شكل البـروتين في مكان الارتبـاط وهو ما يـعرف باسم الشكل الـثلاثي الأبعـاد **three-dimensional shape** والذي يحدده أماكن تواجد **locations** الأحمـاض الأمينية على سلسلة عـديد الببتـيد لديهـا. وعلى ذلك فإن للبـروتينات المتبـاينة أشكالا مخـتلفة من أمـاكن الارتباط تبـعا لتسلسـل وتتابع الأحمـاض الأمينية الـتي تكوّن البروتين. وبعض أماكـن الارتباط على البروتين لها من التـخصصية بـحيث تسمح بالارتباط بنوع واحد فـقط من الروابط بينما توجد أماكن ارتباط أخرى لدى بعض البـروتينات تسمح بالارتباط بالعديد من الروابط. والشكل رقم (١-٣) يوضح أن بروتين X يستطـيع الارتباط بثلاثـة أشكال مختلـفة من الروابط بينما بروتين Y لديه شكل أو تخصصـية محددة بحيـث لا يستطيع الارتباط إلا بنوع واحد من الروابط.

٢- قوة الارتباط (الألفة) Affinity

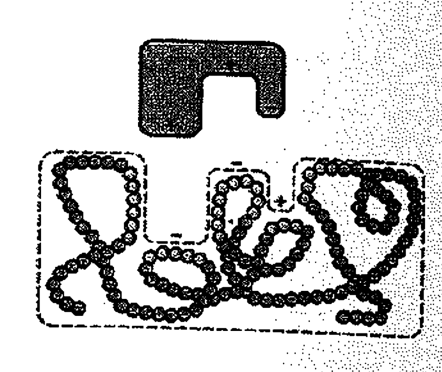
إن مقـدرة ارتباط الرابط بسطح البروتين تعني مـدى قوة الارتباط بينهمـا، حيث يكون في بعض الأحيان هذا الارتباط ضـعيفا **low-affinity**، وفي أحيان أخرى يكون ارتباطا قويا **high-affinity**. وتتوقف قـوة الارتباط على الجذب الـكهربي بين الرابط ومكان الارتباط **electrical interaction** وأيضا على مدى التشابه بينهما في الشكل.

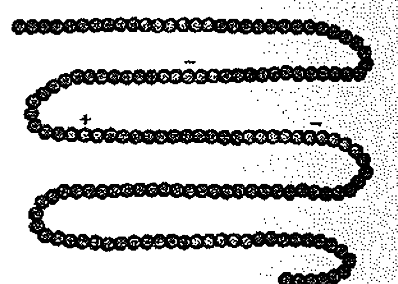
٣- التشبع Saturation

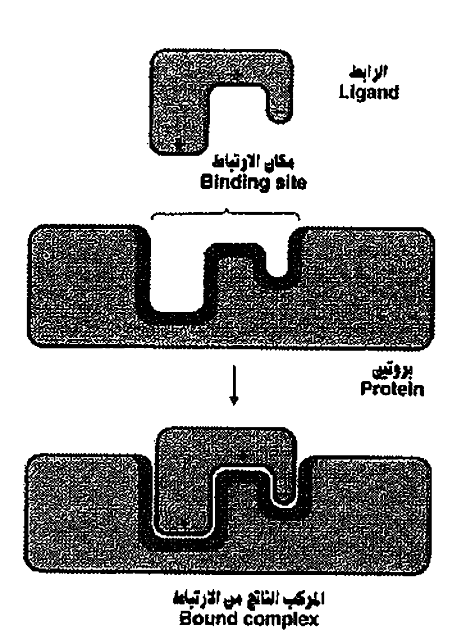
عندما تكون كل أماكن الارتباط على جزيء البروتين مرتبطة بالروابط تسمى هذه الحـالة تامة الـتشـبع (١٠٠٪) **fully saturated** وهنا لا يكون هناك أمـاكن ارتبـاط تستطيع أن ترتبط بروابط إضـافية، أما عندما تكون نصف الأمـاكن مشغولة مثـلا فهذا يسمي مشبعا بنسبة ٥٠٪ **(50% saturated)**. وهذا التشبع يتوقف على عاملين:

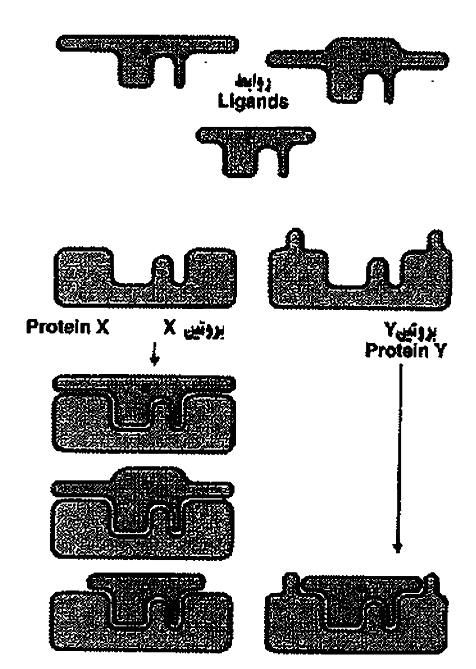
(١) تركيز الرابط الحر في الوسط **free ligand**.

(٢) مـدى قوة الارتبـاط بين الرابط ومكان الارتبـاط، فكلمـا زاد تركيـز الرابط وزادت قوة ارتباطه بمكان الارتباط زاد احتمال الارتباط وبالتالي درجة التشبع.









شكل (١ ـ ٣) كيفية الارتباط بين الرابط والبروتين
The binding between ligand and protein

٤- التنافس Competition

التنافس يعنى التأثير الناتج على ارتباط رابط معين بمكان ارتباط نتيجة وجود رابط آخر فى الوسط يستطيع أن يرتبط بنفس مكان الارتباط. وهذا يحدث إذا كان هناك رابطان موجودان فى وسط ما، وكلاهما يستطيع الارتباط بسطح البروتين فسوف يتنافسان لشغل مكان الارتباط، وهذا التنافس سوف يعتمد على قوة الارتباط النسبية **relative affinity** لكلا النوعين من الروابط بمكان الارتباط وأيضا تركيز كل منهما. ونتيجة لهذا التنافس فإن التأثيرات البيولوچية لرابط معين سوف تقل فى وجود رابط منافس له، وعلى سبيل المثال فإن عقاقير كثيرة تظهر تأثيراتها عن طريق التنافس مع روابط الجسم الطبيعية **body's natural ligands** وذلك من خلال شغل أماكن الارتباط، وبهذه الطريقة فعند ارتباط العقار بمكان الارتباط فسوف يمنع رابط الجسم الطبيعى من الارتباط وإظهار تأثيره أو استجابته.

الفصل الثانى

تركيب الخلية

Cell structure

غشاء الخلية أو الغشاء البلازمى The cell membrane

تحاط الخلية الحيوانية من الخارج بغشاء رقيق ومرن يتراوح سمكه بين ٧,٥-١٠ نانوميتر ويشتمل على ٥٥٪ بروتينات و٢٥٪ فوسفوليبيدات و١٣٪ كولستيرول، ٤٪ ليبيدات أخرى هذا بالإضافة إلى ٣٪ مواد كربوهيدراتية مرتبطة بالبروتينات والليبيدات من الخارج (شكل ١- ٤).

١- ليبيدات غشاء الخلية The cell membrane lipids

إن التركيب الأساسى لغشاء الخلية هو طبقتان من الليبيدات **lipid bilayer** ويتخللها بعض من جزيئات البروتين. ومعظم الليبيدات فى أغشية الخلايا عبارة عن جزيئات من الفوسفوليبيدات وكولستيرول، وجزء من هذه الجزيئات يذوب فى الماء **hydrophilic** بينما يذوب الجزء الآخر منها فى الدهن وفى مذيبات الدهون **hydrophobic**. وتعتبر طبقتا الليبيدات فى الغشاء الخلوى حاجزاً يعمل على عدم نفاذية المواد التى تذوب فى الماء مثل الأيونات والجلوكوز والبولينا وغيرها، ومن ناحية أخرى فإن المواد التى تذوب فى الدهن مثل الأكسجين وثانى أكسيد الكربون والكحول تستطيع اختراق هذا الجزء من الغشاء بسهولة.

٢- بروتينات غشاء الخلية The cell membrane proteins

كما يتضح من الشكل رقم (١-٤) فإن غشاء الخلية يشتمل على جزيئات بروتينية كبيرة الحجم، وهناك نوعان من البروتينات: النوع الأول يسمى البروتينات المندمجة **integral proteins** حيث يمتد معظمها خلال الغشاء من الداخل إلى الخارج، فى حين أن البعض الآخر يخترق فقط جزءاً من الغشاء، والنوع الثانى يطلق عليه أسم البروتينات السطحية (الطرفية) **surface (peripheral) proteins** لكونه موجودا فقط على السطح الداخلى للغشاء.

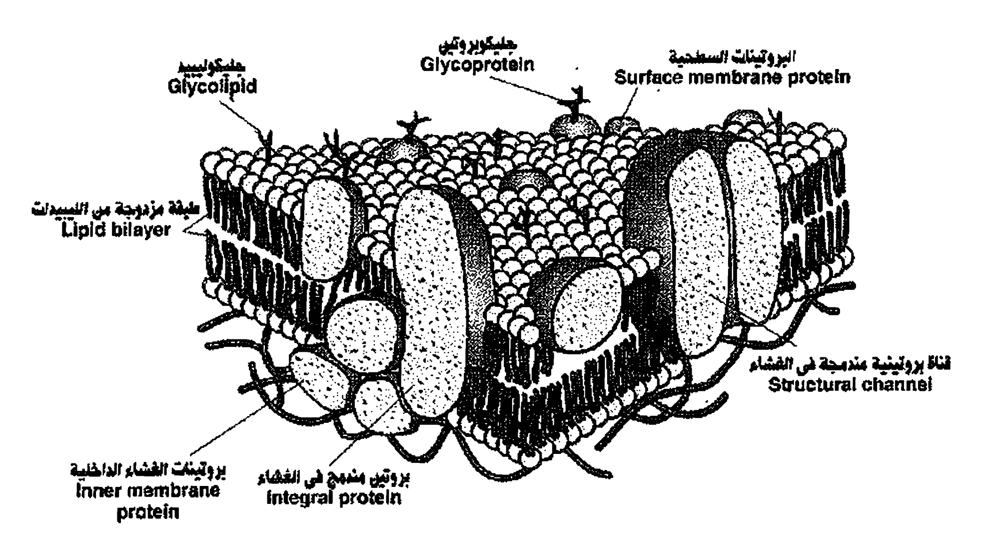
وكثير من البروتينات المندمجة تُكوّن قنوات (أو ثقوب) **structural channels** تسمح بمرور المواد الذائبة فى الماء وخاصة الأيونات والتى يسهل انتشارها من وإلى

الخلية، كما تؤدى بعض من البروتينات المندمجة وظيفة الناقل **carrier** للمساعدة فى مرور المواد خلال أغشية الخلايا وخاصة المواد التى لا تذوب فى الدهون وحجمها أكبر من الفتحات الموجودة فى الغشاء، هذا بالإضافة إلى أن بعض البروتينات المندمجة تلعب دورا كأنزيمات مرتبطة بالغشاء. أما البروتينات السطحية فهى غالبا ما تكون موجودة على السطح الداخلى للغشاء وعادة تكون مرتبطة بالبروتينات المندمجة ووظيفتها الأساسية أنزيمية.

٣- كربوهيدرات غشاء الخلية The cell membrane carbohydrates

من الملاحظ أن أغشية الخلايا تحتوى على كميات قليلة من الجزيئات الكربوهيدراتية والتى تتكون من سلاسل قصيرة من السكريات الأحادية **oligosaccharides**, وهى تكون مرتبطة فى الغشاء مع البروتينات وتسمى الجليكوبروتينات **glycoproteins**، أو مع الليبيدات وتسمى الجليكوليبيدات **glycolipids**. ومعظم هذه الجزيئات تحمل شحنات سالبة ولها دور فى ارتباط الخلايا مع بعضها، كما أن بعض هذه الجزيئات يلعب دورا فى التفاعلات المناعية **immune reactions**.

ومن المتفق عليه الآن أن عملية التعارف بين الخلايا تتم بواسطة أزواج من التراكيب المتممة موجودة على أسطحها. إذ تحمل بعض التراكيب على إحدى الخلايا



شكل (١ ـ ٤) تركيب غشاء الخلية

Cell membrane structure

معلومات بيولوچية مشفرة تستطيع التراكيب الموجودة على خلية أخرى معرفتها وفك هذه الشفرة. وقد أكدت الأبحاث أن هذه الجزيئات ما هى إلا مواد كربوهيدراتية. وقد عُرف حديثا الدور الذى تلعبه المواد السكرية الموجودة على الخلايا الجنينية أثناء تكوين الجنين حيث إن هذه المواد الكربوهيدراتية ضرورية فى المرحلة التى يتحول فيها الجنين من مجموعة من الخلايا السائبة إلى كرة ملساء؛ لذا فإن هذه الكربوهيدرات اللاصقة ضرورية لتكوين الجنين.

إن أفضل ظاهرتين لعملية التعارف بين الخلايا هى التصاق الميكروبات أو الجراثيم بخلايا العائل، وأيضا التصاق خلايا الدم البيضاء بالأوعية الدموية. وقد وجد أن البكتيريا المرتبطة بالسكريات الموجودة على أسطح خلايا العائل تسبب العدوى وعلى ذلك فإن إغلاق مواقع اتصال البكتيريا بخلايا العائل هو إحدى طرق مقاومة العدوى.

وهنا تجدر الإشارة إلى ما يعرف باسم خصوصية تركيب الجليكوبروتينات فى الغشاء الخلوى فى فرد أو شخص معين، حيث يستطيع الجسم من خلال هذا التركيب التعرف وتمييز خلاياه، كما أنه يسمح للجسم بالتعرف على الخلايا الغريبة التى تشمل البكتيريا والڤيروسات، ولذلك فإن نظام التمييز الخلوى هو تطور لتوفير الحماية للجسم من هذه الميكروبات وهو نفسه الذى يدمر الأنسجة والأعضاء المغروسة فى جسم شخص مختلف، حيث يعتبر الجهاز المناعى خلايا الأنسجة المغروسة كمادة غريبة ويقوم بطردها (لا يحدث هذا لو تم الحصول على هذه الأنسجة من توائم متطابقة).

ولمنع طرد الأنسجة المغروسة **graft rejection** يُعامل المرضى فى هذه الحالة بعقاقير لتثبيط الجهاز المناعى **immune system** لكن هذا التثبيط للجهاز المناعى يجعل الإنسان أكثر تعرضا للعدوى بالبكتيريا والڤيروسات. ومن هنا فإن معظم عمليات غرس (زرع) القلب فى بداية تطبيقها انتهت بالفشل بسبب العدوى بالبكتيريا والڤيروسات كنتيجة لتثبيط الجهاز المناعى بالعقاقير، والآن توجد عقاقير جديدة تمنع طرد الأنسجة المغروسة وتسمح فى نفس الوقت ببعض الحماية المناعية.

وحاليا يوجد اتجاه جديد وهو غرس خلايا الأجنة بغرض تفادى طرد الأنسجة المغروسة حيث إن الخلايا الجنينية لم يحدث بها تطور كامل فيما يعرف باسم بصمة أو شفرة الجليكوبروتينات؛ لذا فإنه من الممكن غرسها بدون إحداث تفاعلات مناعية، وقد تم الاستفادة من غرس خلايا الأجنة فى حالات عديدة منها:

١- فى حالة مرضى السكر أمكن غرس خلايا جزر لانجرهانز البنكرياسية **islets of Langerhans** من أجنة إلى بنكرياس هؤلاء المرضى، وتقوم الخلايا الجديدة بإنتاج

هرمون الإنسولين **insulin** وبالتالى لا يعتمد هؤلاء المرضى على الحقن بهرمون الإنسولين.

٢- استخدمت خلايا مخ الأجنة والمسئولة عن تصنيع مادة تسمى الدوبامين **dopamine** وذلك بغرسها فى مخ مرضى الشلل الرعاش **Parkinson's disease** حيث تبدأ خلايا المخ المغروسة فى إنتاج مادة الدوبامين المفقودة فى هؤلاء المرضى.

انتقال المواد خلال أغشية الخلايا

Transport of materials through cell membranes

لكى تبقى أية خلية حية يجب أن يستمر تبادل المواد المختلفة بين الخلية ومحيطها الخارجى المعروف باسم السائل بين الخلوى **interstitial fluid** والذى يطلق عليه عادة سائل خارج الخلية **extracellular fluid**، وتوقف هذا التبادل معناه موت الخلية. ويتم انتقال المواد المختلفة من وإلى الخلية عبر الغشاء البلازمى المحيط بالخلية والذى يتحكم بشكل فعال في هذا التبادل. وتعتمد خواص نفاذية الغشاء على تركيب الغشاء نفسه من جهة وعلى خواص المواد النافذة من جهة أخرى. وبصفة عامة يمكن وصف غشاء الخلية بأنه غشاء اختيارى **selective** بمعنى أنه يسمح بمرور مواد معينة وبدرجات مختلفة ولا يسمح بمرور مواد أخرى، حيث إن الوظيفة الأساسية للغشاء الخلوى هى تنظيم مرور المواد بين الخلية والوسط الذى يحيط بها. وهنا تجدر الإشارة إلى بعض النقاط الرئيسية حول علاقة الخلية بالمحيط الخارجى من حيث تركيز المواد.

١- فى أغلب الأحيان لا يتساوى تركيز أية مادة داخل الخلية مع تركيزها خارج الخلية.

٢- يوجد تبادل مستمر بين الخلية وما حولها يتناول معظم المواد ولكن الخلية تبقى فى حالة اتزان ديناميكى طوال الوقت ويُفقد هذا الاتزان بسرعة بعد موت الخلية.

٣- قد تتغير خواص نفاذية الغشاء من وقت لآخر إما تحت ظروف فسيولوچية معينة أو لأسباب مرضية.

إن الغشاء البلازمى الذى يحيط بالخلية شديد النفاذية للماء، بينما نفاذية الغشاء للمواد المذابة لها درجات متفاوتة. فبعض الجزيئات تستطيع أن تخترق غشاء الخلية بسهولة كبيرة، فى حين أن بعض المواد الأخرى لا تستطيع العبور خلاله إطلاقا. وأهم العوامل المحددة لدرجة نفاذية الغشاء للمواد المذابة هى:

١- قابلية ذوبان المادة فى مذيبات الدهون.

٢- الوزن الجزيئى للمادة.

٣- الشحنات الكهربائية على الجزىء أو الأيون.

ولو تحدثنا عن طرق انتقال المواد خلال أغشية الخلايا نجد أن هناك ثلاث طرق رئيسية هى:

١- الانتشار **diffusion**

٢- النقل النشط **active transport**

٣- الابتلاع **endocytosis** والطرد الخلوى **exocytosis**

١- الانتشار Diffusion

الانتشار يعنى انتقال الجزيئات والأيونات من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل بدون استهلاك للطاقة. ويوجد ثلاث طرق للانتشار هى:

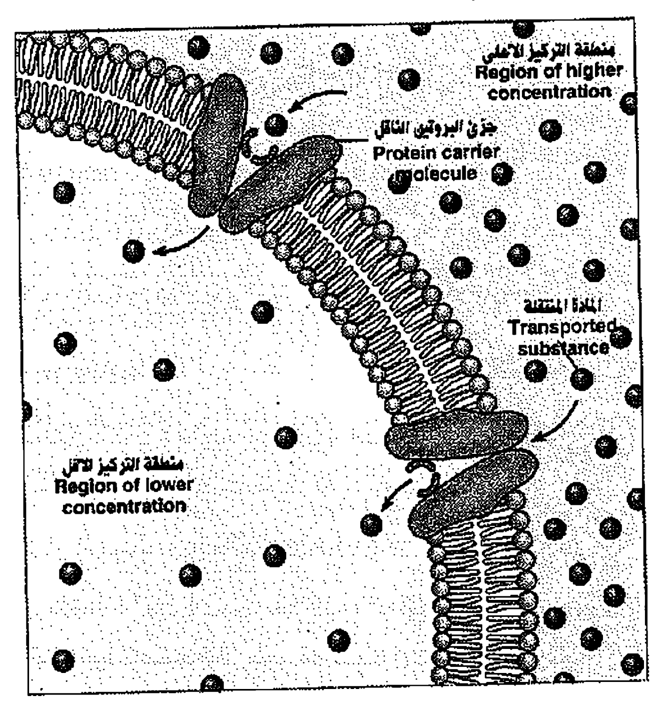
(أ) الانتشار البسيط Simple diffusion

وهذا يعنى انتقال الجزيئات من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل بدون استخدام ناقل بروتينى وأيضا بدون استهلاك طاقة، حيث يتم الانتشار إما عن طريق الفتحات الموجودة فى الغشاء الخلوى، وذلك للمواد القابلة للذوبان فى الماء ويشترط أن يكون حجم هذه الجزيئات أصغر من قطر الفتحات فى الغشاء، وإما أن تمر الجزيئات خلال الليبيدات المزدوجة الموجودة فى الغشاء وهذا فى حالة ذوبان هذه الجزيئات فى الدهون مثل الهرمونات الاستيرودية **steroid hormones**. ولقد وجد أن هناك علاقة طردية واضحة بين قابلية ذوبان المادة فى مذيبات الدهون وسهولة انتشارها من خلال أغشية الخلايا.

(ب) الانتشار الميسر Facilitated diffusion

الانتشار الميسر هو انتقال الجزيئات التى لا تذوب فى الدهون وأيضا لا تستطيع المرور من خلال فتحات الغشاء؛ ولذا تحتاج إلى مساعدة ناقل بروتينى يكون ضمن بروتينات الغشاء لكى يُيسر نقل هذه الجزيئات ذهابا وإيابا عبر الغشاء الخلوى وذلك طبقا لحاجة الخلية. ومن هنا يشترط وجود مكان لارتباط الجزىء على الناقل، وبمجرد أن يتم الارتباط بين الجزىء والناقل البروتينى يحدث تغير فى شكل الناقل البروتينى وعندئذ

ينتقل الجزىء إلى الناحية الأخرى من الغشاء؛ ولذا يَتْرك الناقل الذى يعود شكله إلى الوضع الأول لكى يلتقط جزيئات أخرى. ومثال ذلك انتقال جزيئات الفراكتوز من خارج الخلية إلى داخلها (شكل ١ - ٥).



شكل (١ ـ ٥) الانتشار الميسر
Facilitated diffusion

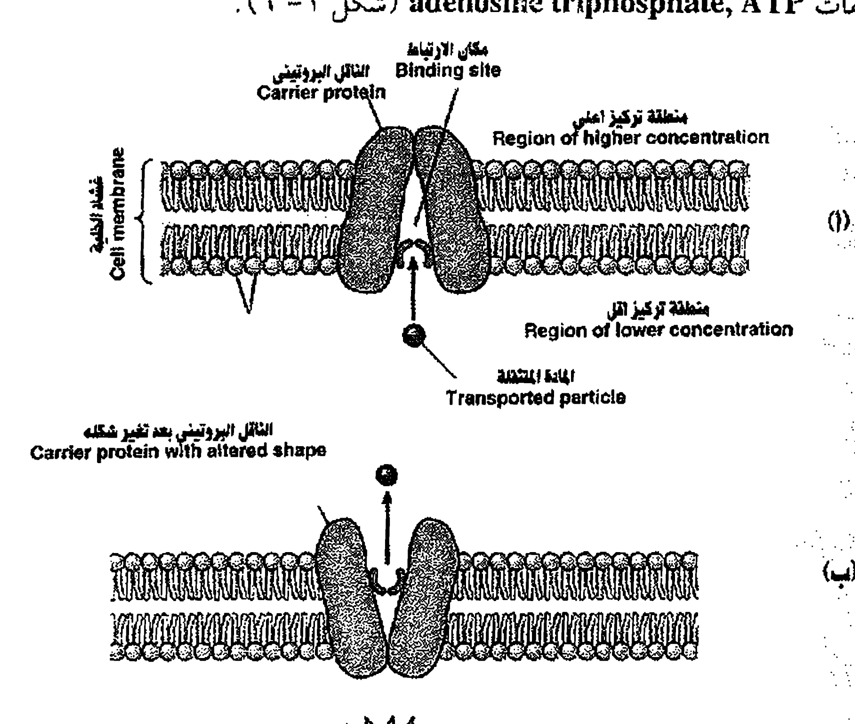
(جـ) الأسموزية Osmosis

الأسموزية هى حالة خاصة من الانتشار مرتبطة بمرور الماء عبر الغشاء البلازمى الذى هو شديد النفاذية للماء من خلال الثقوب الموجودة فيه. وبدراسة نفاذية غشاء الخلية ثبت أن هناك باستمرار تدفقا للماء إلى داخل الخلية كما أن هناك تدفقا للماء إلى خارج الخلية ولكن فى معظم الأحيان يتساوى تماما التدفق نحو الداخل مع التدفق نحو الخارج بحيث إن صافى تدفق الماء يكون صفراً. ومعنى هذا أن الخلية فى الحالات الطبيعية فى اتزان مائى مع الوسط المحيط بها، لكن إذا تعرضت الخلايا إلى محلول أكثر تركيزا من محتوياتها فإنها تفقد كمية من الماء فتنكمش وتصاب بالجفاف. وبالعكس عندما تتعرض الخلايا إلى محلول أقل تركيزاً من محتوياتها فإنها تكتسب كمية من الماء

وتنتفخ وقد تنفجر. والقوة التى تدفع الماء إلى الانتقال تسمى الضغط الأسموزى osmotic pressure وكلما زاد الفرق فى التركيز بين داخل وخارج الخلية زاد الضغط الأسموزى. والخلايا فى الحالات الطبيعية تكون محاطة فى الجسم بالسائل البينى الذى يكون متساويا أسموزيا مع الخلايا، وبالتالى فإنها لا تكتسب الماء أو تفقده بكميات ملحوظة.

٢- النقل النشط Active transport

يمكن تعريف النقل النشط بأنه انتقال الجزيئات والأيونات من التركيز الأقل إلى التركيز الأعلى أى ما يسمى الانتقال عكس فرق التركيز **against concentration gradient** وذلك عن طريق ارتباط المواد المنقولة بالبروتين الناقل **carrier protein** الموجود على غشاء الخلية باستخدام مصدر للطاقة وهو جزيئات الأدينوزين ثلاثى الفوسفات **adenosine triphosphate, ATP** (شكل ١ - ٦).



شكل (١ ـ ٦) النقل النشط
Active transport

ويوجد نوعان من النقل النشط هما:

أ - النقل النشط الأساسي **primary active transport**

ب- النقل النشط الثانوى **secondary active transport**

أ - النقل النشط الأساسى

ومن أمثلة هذا النوع من النقل النشط انتقال أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والكلوريد وبعض السكريات الأحادية والأحماض الأمينية، حيث إن أى مادة من هذه المواد يتم انتقالها بسهولة من التركيز الأقل إلى التركيز الأعلى فى وجود الناقل المناسب لها على غشاء الخلية. وفيما يلى شرح تفصيلى لانتقال أيونى الصوديوم والبوتاسيوم عكس فرق التركيز، وهذا ما يعرف باسم مضخة الصوديوم والبوتاسيوم **sodium - potassium pump**.

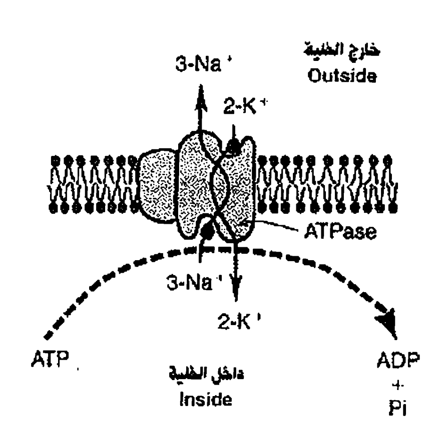
من المعروف أن تركيز الصوديوم خارج الخلايا أعلى من تركيزه داخل الخلايا والعكس بالنسبة للبوتاسيوم حيث يكون تركيزه داخل الخلايا أعلى من تركيزه خارج الخلايا. وعند اختلال تركيز هذين الأيونين تعمل المضخة للحفاظ على فرق تركيز كل من الصوديوم والبوتاسيوم ثابتًا خلال أغشية الخلايا حيث ينتقل الصوديوم إلى خارج الخلية وفى نفس الوقت يندفع البوتاسيوم من الخارج إلى الداخل، وذلك عكس فرق التركيز بالنسبة لكل أيون على حدة، وتوجد هذه الآلية فى كل خلايا الجسم.

ومن دراسة الناقل البروتينى فى مضخة الصوديوم والبوتاسيوم وجد أنه يتكون من جزءين أحدهما كبير (الوزن الجزيئى له ١٠٠,٠٠٠)، والآخر صغير (الوزن الجزيئى له ٤٥,٠٠٠) ووظيفة الجزء البروتينى الصغير غير معروفة، أما الجزء البروتينى الكبير فيتميز بثلاث خصائص:

١- يوجد له ثلاث أماكن للارتباط بثلاث أيونات من الصوديوم وذلك على الجزء الموجود داخل الخلية.

٢- له أيضا مكانان للارتباط بأيونين من البوتاسيوم، وذلك على الجزء الموجود منه خارج الخلية.

٣- أيضا الجزء الداخلى من هذا الناقل البروتينى له مقدرة تكسير جزىء **ATP** إلى **ADP** لانطلاق الطاقة بمعنى أن له نشاط أنزيم الأدينوزين ثلاثى الفوسفاتيز **ATPase**.



شكل (١ ـ ٧) *مضخة الصوديوم والبوتاسيوم*
The sodium - potassium pump

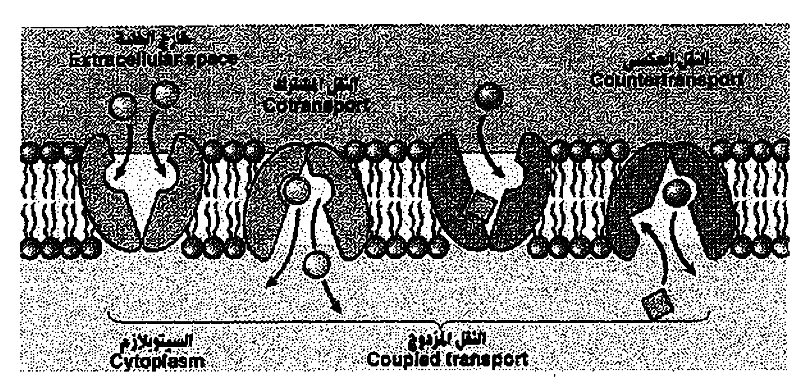
وبذلك عند ارتباط ثلاث أيونات من الصوديوم على الجزء الداخلى للناقل وارتباط أيونين من البوتاسيوم على الجزء الخارجى فهذا يعمل على تنشيط أنزيم **ATPase** والذى يعمل على انطلاق الطاقة من جزىء **ATP** عند تحوله إلى **ADP**. وهذه الطاقة المنطلقة تسبب تغيراً فى شكل الناقل البروتينى بحيث يعمل على اندفاع ٣ أيونات صوديوم إلى الخارج، وفى نفس الوقت دخول أيونين من البوتاسيوم إلى الداخل.

ب- النقل النشط الثانوى

يتميز هذا النوع بأنه يؤدى إلى نقل مادتين أو أكثر وإحداهما (غالبا الصوديوم) يتم نقلها من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل **downhill**، وهذا يعمل على دفع مادة أخرى للانتقال من التركيز الأقل إلى التركيز الأعلى **uphill**. وبذلك تكون الطاقة المطلوبة لهذا الانتقال غير مباشرة. وعند انتقال المواد فى نفس الاتجاه خلال غشاء الخلية فهذا يطلق عليه النقل المشترك **cotransport** ومثال ذلك انتقال الصوديوم والجلوكوز فى الأمعاء الدقيقة **Na^+-glucose cotransport**. وفى هذه الحالة يُنقل الجلوكوز من التركيز الأقل إلى التركيز الأعلى بينما ينقل الصوديوم من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل.

أما عند انتقال المواد فى عكس الاتجاه من خلال الغشاء فهذا يطلق عليه النقل العكسى **countertransport** ومثال ذلك انتقال أيونات الكالسيوم والصوديوم

Ca^{2+} - Na^{+} countertransport حـيث تنتـقل أيونات الكالسـيوم من الداخل إلى الخارج عكس فـرق التركيز، بينما تنتقل أيونات الصـوديوم من الخارج إلى الداخل مع فرق التركيز.



شكل (١ ـ ٨) *النقل النشط الثانوى*
Secondary active transport

٣- الابتلاع والطرد الخلوى Endocytosis and Exocytosis

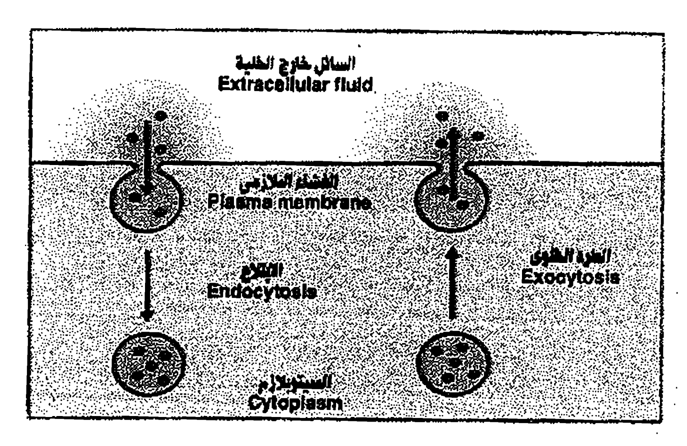
أ - الابتلاع Endocytosis

ويعنى دخول جـزيئات كبـيرة مثل البروتينات إلـى داخل الخلية وذلك عن طريق إحاطة هذه الجـزيئات بجـزء من غشاء الخليـة في صورة حـويصلات **vesicles** وهناك نوعـان لدخول الجـزيئات المعـقدة إلى داخل الخليـة هما التـشرّب الخلوى (الارتـشاف الخلوى) **pinocytosis** وفيه تقوم الخلية بابتلاع جزء من السائل خارج الخلية والمذاب فيه بعض المواد المعقـدة؛ ولذا يقال فى هذه الحالة أن الخليـة قامت بشرب جـزء من السائل خارج الخلـية **cell drinking**، ومعـظم خلايا الجـسم تستطيع القـيام بهـذا النوع من التشرب الخلوى. أمـا النوع الثانى فيطلق عليـه اسم الالتهام **phagocytosis** ومعناه أن الخلية تسـتطيع ألتهام أجزاء من خـلايا أو ميكروبات مثل البكتيـريا؛ ولذا يسمى الأكل الخلوى **cell eating** ويحدث هذا عند مهاجمـة بعض خلايا الجهاز المناعي للميكروبات والتهامها.

ب- الطرد الخلوى Exocytosis

وفيه يتم خروج العديد من الجزيئات المعـقدة خارج الخلية فى صورة حويصلات. وعلى ذلك فـهو يؤدى عـدة وظائف للخلايـا منها إفـراز الجزيئـات المعقـدة والتى يتم تصنيـعهـا داخل الخلايا مـثل البروتينات، وهذا يتـضح فى العديد مـن الأمثلة كـإفراز

الهرمونات من الفص الأمامي للغدة النخامية والتي توجد داخل حويصلات، وعند تحطيم غشاء الخلية تُفرز محتويات الحويصلات في مجرى الدم وأيضا خروج المواد الكيميائية التي تساعد في توصيل الإشارة العصبية من خلية عصبية إلى أخرى حيث إن هذه المواد تختزن داخل حويصلات، وعند وصول الإشارة العصبية تنطلق هذه المواد من الحويصلات عن طريق الطرد الخلوى. أيضا فإن هذه الطريقة تساعد في خروج المواد المعقدة الموجودة داخل الخلايا كنواتج لعمليات التمثيل الغذائي. هذا بالإضافة إلى أن الطرد الخلوى يساعد في إعادة تصنيع جزيئات غشاء الخلية التي تحطمت أثناء عملية الابتلاع.



شكل (١ ـ ٩) الابتلاع والطرد الخلوى
Endocytosis and exocytosis

السيتوبلازم The cytoplasm

يمثل السيتوبلازم الجزء البروتوبلازمي الذي يقع خارج النواة، ويكون محاطا من الخارج بغشاء الخلية، ويوجد به في صورة معلقة العديد من التراكيب والتي تقسم إلى ثلاث مجموعات هي: العضيات **organelles** والمحتويات الخلوية **cell inclusions** والهيكل الخلوى **cytoskeleton**. والعضيات تكون محاطة بأغشية تشبه غشاء الخلية وتحتوى جميعها على أنزيمات لها دور في النشاط الأيضى للخلية هذا بالإضافة إلى أن هذه العضيات تكون دائمة الوجود في السيتوبلازم، ومن أمثلتها الميتوكوندريا **mitochondria** والشبكة الأندوبلازمية **endoplasmic reticulum** وجهاز جولجي **Golgi apparatus** والليسوسومات **lysosomes**. أما المحتويات الخلوية فهي عادة محتويات ليست دائمة الوجود داخل الخلايا مثل الأصباغ **pigments** والليبيدات

والبروتينات والمواد الكربوهيدراتية والتي من الممكن أن تكون محاطة أو غير محاطة بأغشية. ويقصد بالهيكل الخلوى التراكيب داخل السيتوبلازم والتى لا تكون محاطة بغشاء ولا تلعب دوراً مباشراً فى التمثيل الغذائى للخلية مثل الأنيبوبات الدقيقة **microtubules** والخيوط الدقيقة **microfilaments** وكذلك الجسم المركزى **centrosome**.

أ - العضيات The cell organelles

١ - الميتوكوندريا Mitochondria

إن كل خلية من خلايا الجسم تحوى مئات الميتوكوندريا والتى تعد مصانع توليد طاقة الخلايا حيث تُزود الخلايا (وبالتالى الأنسجة والأعضاء والجسم ككل) بالطاقة التى تحتاج إليها لتؤدى وظائفها. ويطلق عادة على الميتوكوندريا بيوت الطاقة **power-houses** الخاصة بالخلية وهى على شكل خيوط رفيعة بيضاوية أو كروية وتوجد داخل سيتوبلازم كل الخلايا الحية وتحتوى على غشاءين أحدهما خارجى والآخر داخلى ذو ثنايا أو بروزات **cristae** وهذان الغشاءان يحيطان فراغين: الفراغ الأول يقع بين الغشاءين والفراغ الثانى يكون بين الغشاء الداخلى حيث تخترقه البروزات. وتحتوى الميتوكوندريا على أكثر من ٧٠ أنزيمًا ومساعد أنزيم بالإضافة إلى ڤيتامينات ومعادن ضرورية للوظائف التى تقوم بها الميتوكوندريا وخاصة الأنزيمات التنفسية وذلك للمساعدة فى عمليات الأكسدة وانطلاق الطاقة داخل الخلايا.

ويوجد فى كل واحدة من الميتوكوندريا كثيرا من جزيئات الحامض النووى الدى أوكسى ريبوزى (الدنا) والتى تضم عددا من الچينات لها علاقة بتوليد الطاقة. وتُورث طفرات چينات الميتوكوندريا من قبل الأم فقط. وعلى ذلك فقد اتضح أن الميتوكوندريا فى الحيوانات كافة تحتوى على چيناتها الخاصة بها. ومن هنا فإن باحثى الطب الشرعى قد توصلوا إلى طريقة مقارنة شديدة الدقة للاستفادة منها فى تحديد هوية أشلاء الجنود الذين فقدوا فى المعارك وأيضا المفقودين فى حوادث الطائرات وغيرها، هذا بالإضافة إلى تحديد ما إذا كان المتهم فى ارتكاب جريمة ما مذنبا أم لا. ويجرى العلماء الاختبار بمقارنتهم تسلسلات أزواج القواعد النيتروچينية فى جزيئات الدنا الموجودة فى الميتوكوندريا. ومازال من الأفضل إجراء المقارنة بجزيئات الدنا الموجودة داخل نواة الخلية فى حالة توافر كمية كافية منه؛ ذلك لأنه يساعد على إقامة أوجه تماثل أو تفاوت واضحة، ولكن فى كثير من الحالات تفتقر الأنسجة المتاحة إلى الحامض النووى الموجود

داخل أنوية الخلايا لكى يصلح للتحليل (مثل خصلة شعر أو العظام الصلبة وكذلك الأسنان) بينما هذه الأنسجة تحوى كميات وفيرة من الدنا فى الميتوكوندريا.

٢- جهاز جولچى **Golgi apparatus**

لقد أوضحت الدراسات باستخدام المجهر الإلكترونى أن جهاز جولچى عبارة عن أغشية ملساء الأسطح تُكوّن أنابيب أو تجاويف مستديرة متصلا بها العديد من الحويصلات، ويوجد فى معظم خلايا الجسم ويلعب دوراً هاماً فى أيض الخلية، والدور الرئيسى لجهاز جولچى يظهر بوضوح فى الخلايا التى لها وظيفة إفرازية حيث يقوم بتجميع وتغليف وأيضا تخزين النواتج الإفرازية على شكل حويصلات لحين انطلاقها. فمثلا يتم تصنيع البروتينات فى الشبكة الإندوبلازمية الخشنة **rough endoplasmic reticulum** والتى تنتقل إلى جهاز جولچى حيث يتم تجميعها وتغليفها داخل أغشية لتكوين حويصلات إفرازية.

٣- الشبكة الإندوبلازمية **Endoplasmic reticulum**

تظهر الشبكة الإندوبلازمية على هيئة أغشية رقيقة وتكاد تملأ المسافة من السيتوبلازم بين غشاء الخلية وغلاف النواة. ويوجد نوعان من الشبكة الإندوبلازمية: الشبكة الإندوبلازمية المحببة (الخشنة) **granular (rough)** وغير المحببة أو الملساء **agranular (smooth)**.

- الشبكة الإندوبلازمية المحبية (الخشنة)

تحتوى أغشية الشبكة الإندوبلازمية الخشنة على الريبوسومات **ribosomes** والتى تتكون من الحامض النووى الريبوزى (الرنا) والبروتينات. ووظيفة هذا النوع من الشبكة الإندوبلازمية هى تصنيع وعزل المواد المفرزة وخاصة البروتينات؛ لذا فهو يلعب دورا هاما فى نمو وتمييز الخلايا.

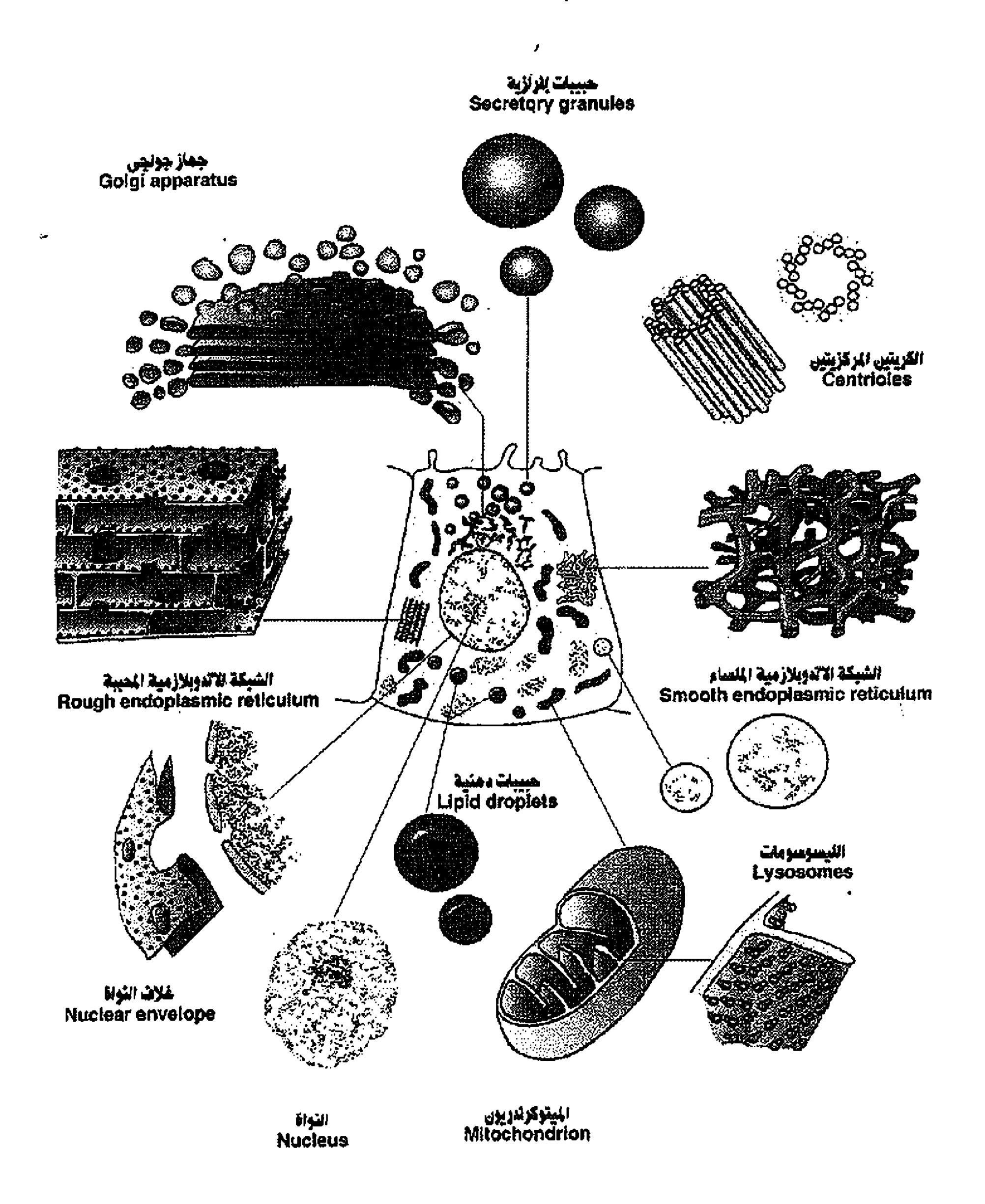
- الشبكة الإندوبلازمية غير المحبة (الملساء)

أغشية هذا النوع لا تحتوى على الريبوسومات وأهميته داخل الخلايا تكمن فى اشتراكه فى إنتاج الستيرودات **steroids** والفوسفوليبيدات **phospholipids** وله وظائف مختلفة أخرى فى بعض الخلايا مثل التمثيل الغذائى للمواد الكربوهيدراتية وتوصيل الإشارات العصبية فى العضلات.

٤- الليسوسومات **Lysosomes**

هى عبارة عن تراكيب دائرية مغلفة بأغشية وتحتوى على إنزيمات محللة (هاضمة) ووظيفتها الرئيسية مرتبطة بالهضم داخل الخلية أو ما يعرف باسم الهضم داخل

السيتوبلازم **intracytoplasmic digestion**. ومن الواضح أن إنزيمات الليسوسومات يتم تصنيعها فى الشبكة الإندوبلازمية الخشنة وبالتالى تنتقل إلى جهاز جولچى حيث يتم تحويرها وتغليفها إلى حويصلات الليسوسومات.



شكل (١ ـ ١٠) *التراكيب الخلوية*
Cell structures

ب- المحتويات الخلوية The cell inclusions

يقصد بالمحتويات الخلوية المشتملات داخل السيتوبلازم والتى عادة ما تكون غير دائمة الوجود داخل الخلية **transitory components**، وهى على هيئة تجمعات لجزيئات ناتجة من الأيض كالليبيدات والبروتينات والكربوهيدرات، وأحيانا تكون على هيئة أصباغ **pigments**، وعلى ذلك فتلك المحتويات إما أن تكون على هيئة حبيبات إفرازية وهى تكثر فى الخلايا الغدية أو حبيبات لتخزين الدهون والجليكوجين كالموجودة فى خلايا الكبد، أو حبيبات صبغية كالموجودة فى الخلايا الصبغية **melanophores**.

جـ- الهيكل الخلوى The cytoskeleton

يوجد داخل كل خلايا الجسم تراكيب غير محاطة بأغشية وليس لها دور مباشر فى عمليات التمثيل الغذائى وهى: الجسم المركزى **centrosome**، والأنيبوبات الدقيقة **microtubules** والخيوط الدقيقة **microfilaments**.

١- الجسم المركزى The centrosome

هو جسم بيضاوى يقع قريبا من النواة فى جميع الخلايا التى لها القدرة على الانقسام ولا يوجد فى الخلايا التى لا تنقسم مثل الخلايا العصبية وكريات الدم الحمراء. ويحتوى الجسم المركزى على كرية أو كريتين مركزيتين **centrioles**. ويؤدى الجسم المركزى دورا هاما فى عملية انقسام الخلية حيث يُكوّن الخيوط المغزلية أثناء الانقسام.

٢- الأنيبوبات الدقيقة Microtubules

يوجد داخل سيتوبلازم معظم خلايا الجسم بعض التراكيب أنبوبية الشكل وتسمى لذلك الأنيبوبات الدقيقة والتى تلعب دورا هاما فى تدعيم الخلية من الداخل وأيضا فى نقل الجزيئات وبعض العضيات داخل الخلية.

٣- الخيوط الدقيقة Microfilaments

الخيوط الدقيقة هى تراكيب لها المقدرة على الانقباض والانبساط؛ ولذا تؤدى إلى التغير فى شكل الخلايا وحركتها وهى لا توجد فى كل أنواع الخلايا ولكن توجد فى كل أنواع الألياف العضلية والمعروفة باسم خيوط الأكتين والميوسين **actin and myosin filaments**.

النواة The nucleus

توجد النواة في كل خلايا الجسم ما عدا كريات الدم الحمراء **erythrocytes** في الثدييات والصفائح الدموية **blood platelets**، ويختلف شكلها وحجمها وموقعها داخل السيتوبلازم في الأنواع المختلفة من الخلايا. وتلعب النواة دورا هاما في حياة الخلية؛ ولذا فإن الخلايا التي تغيب عنها أنويتها مثل كريات الدم الحمراء في الثدييات تعيش لفترة وجيزة (حوالي ١٢٠ يومًا) ثم تضمحل. ومن الناحية الفسيولوچية تعتبر النواة المسئولة عن أنشطة عديدة بالخلية مثل التمثيل الغذائي والتكاثر ونقل الصفات الوراثية من جيل إلى آخر. وتتركب النواة من الغشاء النووي والنوية والشبكة الكروماتينية والسائل النووي.

الغشاء النووي Nuclear membrane

يبدو غشاء النواة تحت المجهر الضوئي كغشاء رقيق يشبه إلى حد كبير الغشاء البلازمي الذي يحيط الخلية من الخارج، ولكن باستخدام المجهر الإلكتروني وجد أن هذا الغشاء النووي عبارة عن غشاء مزدوج الطبقات؛ ولذا يسمى غلاف النواة **nuclear envelope** ويتراوح سمكه بين ٤٠-٧٠ نانوميتر ويوجد به ثقوب تساعد على الاتصال بين النواة والسيتوبلازم. هذا بالإضافة إلى أنه يحمي محتويات النواة الداخلية مع تنظيم تبادل المواد بين النواة والسيتوبلازم.

النوية Nucleolus

النوية هي تركيب مستدير أو بيضاوي الشكل ويمكن أن توجد نوية أو أكثر داخل النواة وتحتوي على الحامض النووي الرنا ووظيفتها الأساسية هي أنها تقوم بإنتاج الحامض النووي الريبوسومي **r-RNA**.

الشبكة الكروماتينية Chromatin network

لا يمكن رؤية الكروموسومات داخل النواة في الفترة ما بين انقسامين **interphase** ولكن تظهر الشبكة الكروماتينية في صورة ألياف غير منتظمة تتشابك مع بعضها وتتكون أساسا من أشرطة ملتوية من الحامض النووي الدنا مرتبط ببروتينات قاعدية. ويمثل دنا الكروماتين الجزء الأكبر من دنا الخلية حيث يحمل معظم الصفات الوراثية. وخلال انقسام الخلية تظهر المادة الكروماتينية على هيئة عدد محدد من الكروموسومات **chromosomes** بأشكال مختلفة حيث يتكون كل كروموسوم من نصفين تعرف بالكروماتيدات **chromatids** ويرتبطان معا في نقطة محددة تسمى

السنترومير (القطعة المركزية) **centromere**. ويحمل كل كروموسوم على مدى طوله حبيبات دقيقة ذات أحجام مختلفة تمثل الوحدات الوراثية المسماة بالچينات **genes**. ويختلف حجم وشكل وترتيب هذه الچينات من كروموسوم إلى آخر ولكنها دائما ثابتة بالنسبة للكروموسوم الواحد. والچين الواحد فى الخلية يتألف من قطعة من الحامض النووى الدى أوكسى ريبوزى (الدنا) يعمل في معظم الحالات كمخطط لصنع بروتين نوعى، فهو يحدد تسلسل الأحماض الأمينية التى يتركب منها هذا البروتين. وتحمل جميع خلايا الجسم الچينات نفسها والتى تكون موجودة على كروموسومات النواة ولكن الخلايا العصبية مثلا تسلك سلوكا مخالفا لخلايا الكبد؛ لأن الخلايا المختلفة تستعمل مجموعات فرعية مميزة من الچينات وبالتالى تصنع فقط مجموعات مُميزة من البروتينات (وهى أدوات العمل الوظيفى الرئيسية للخلايا).

الچينوم The genome

كلمة چينوم لأى كائن حي تعنى الجهاز الوراثي لهذا الكائن؛ ولذا فالجهاز الوراثى للإنسان يسمى الچينوم البشرى **human genome**، وهذا الجهاز الوراثى يوجد داخل نواة كل خلية من خلايا الجسم حيث يوجد بها الكروموسومات المتشابهة والمزدوجة وكل زوج من الكروموسومات يحمل نفس مجموعة الصفات. والچينان المحددان لصفة معينة يوجد كل واحد منهما على أحد الكروموسومين المتشابهين وتوصف كچينات متقابلة **allelic genes** أو كصفات بديلة **alleles**. والچين هو وحدة التوريث الأساسية وهو جزء من المعلومات مبرمج، ويعطى التعبير عن صفة خاصة فى الخلية أو الكائن. ويتألف الچينوم البشرى من ثلاثة وعشرين زوجا من الكروموسومات أو ما تعرف باسم حاملات الچينات والتى تتكون من بروتين يغلف المادة الوراثية الحقيقية وهى الحامض النووى الدى أوكسى ريبوزى (الدنا **DNA**).

ولكل نوع من الحيوانات عدد ثابت من الكروموسومات، وعدد الكروموسومات بالخلية دائما عدد زوجى **diploid number** (فمثلا فى الذبابة المنزلية ٦ أزواج، الضفدعة ١٣ زوجا، الفأر ٢٠ زوجا، الأرنب ٢٢ زوجا، الحمامة ٤٠ زوجا). ويوجد هذا العدد الزوجى للكروموسومات في جميع الخلايا الجسدية **somatic cells**، أما فى الخلايا التناسلية (الحيوانات المنوية والبويضات) فتحتوى دائما على نصف هذا العدد **haploid number**؛ لذا فعند تلقيح الحيوان المنوى للبويضة فى عملية التخصيب **fertilization** تتكون الخلية الملقحة التى تحوى العدد الزوجى حيث يتركب من نصفين، نصف مشتق من الأب وهى كروموسومات الأب **paternal chromosomes** والنصف

الآخر مشتق من الأم **maternal chromosomes**. وكروموسومات الخلية دائما تحوى زوجًا منهـا يسمى بالكرومـوسومات الجنسـية **sex chromosomes** والتى تحمل صـفة الجنس والباقى يطلق عليها الكروموسومات العادية أو الجسدية **autosomes**. وفى المرأة يتطابق أفراد زوج الكروموسومات الجنسية (**xx**)، أما فى الرجل فتختلف (**xy**)؛ لذا فإن هذا الزوج من الكروموسومات هو الذى يحدد جنس الجنين.

وقد توصل العلماء مؤخرا إلى معرفة مواقع العديد من الچينات وما تحمله من صفات وراثـية، بمعنى آخر بدأ تحديد الخـريطة الوراثية **genetic mapping**. والخريطة الوراثية للإنسـان ليست إلا مـعرفة ترتيب المعـلومات الوراثية الكاملة عـند الإنسان من خلال خريطة تحـدد مواقع الچينات على الكروموسومـات. وتوصف الچينات الآن بأنها عـبارة عن مـقاطـع طويلة على الكرومـوسومـات يتراوح طولـها مـا بين ٢٤٠ حرفـا ومليونين، وكل ثلاثة أحرف متتابعة على الـشريط تشكل كلمة أو شفرة (تسمى كودون **codon**) لحامض أمـينى الذى هو وحدة بناء البروتين. وتـغيير تـتابع الحروف قد يغـير الحامض الأمـينى وعندما ينشط الچين فإنه يدفع الخليـة لإنتاج الأحماض الأمـينية التى تتـحد مع بعـضهـا بنفس تتابع الشـفرات على الحـامض النووى الدى اوكسى ريـبوزى للچين؛ لذا فهذه الأحماض الأمينية تُشكل بروتينا له وظيفة محددة بالجسم، وكل شيء بالجسم يكاد يكون بروتينا أو تصـنعه البروتينات. وتجدر الإشـارة هنا إلى تعريف بعض المصطلحات العلمية المرتبطة بالوراثة الخلوية **cytogenetics**.

الهندسة الوراثية Genetic engineering

مـصطلح الهندسة الوراثـية يعنى التـحكم فى وضع الچـينات وترتيب صيـغهـا الكيميائـية فكًا (أى قطع الچينات عن بعضها البـعض) ووصلا (أى وصل المادة الوراثية المضيفـة بالچينات المنقولة) باسـتخدام الطرق المعمليـة. وتعتبر الهندسـة الوراثية إحدى التقنيات الحيوية الحديثة، ومادة تعاملها هى الكروموسومات والچينات. كما أنه يتم فيها إظهار خـصائص مرغـوب فيـها أو عدم إظهـار غير المرغـوب منها. وقـد تمكن علماء الهندسة الوراثية من نقل الرسالة الوراثية (أى مجموعة چينات) من نوع معين من الخلايا إلى نوع آخر بإحدى الطرق الخاصة بذلك. ويمكن القول أن الهندسـة الوراثية هى كيفية التعامل مع المادة الوراثية، وهذا يقتـضى معرفة الچينات من حيث تركيبهـا وخصائصها ووظائفها وكـيفية التعـامل معها قطعا ووصـلا وكيفية نقلهـا إلى الوسط الجديد وما هى النواة المناسبة لنقلها.

الطفرات الوراثية Genetic mutations

الطفرات الوراثية هى تغيرات فيزيائية كيميائية فى الچينات ينتج عنها تغيرات فى الصفة الأصلية للكائن الحى. وبالرغم من أن الطفرة الفعلية لا يمكن رؤيتها تحت المجهر إلا أنه يعتقد أن كل الطفرات الچينية هى تغيرات فى وحدات بناء الحامض النووى الدنا والمسماة بالنيوكليوتيدات والموجودة فى الكروموسومات. والطفرة قد تشمل انفصال قاعدة نيتروچينية أو أكثر أو إدخال قواعد إضافية إلى سلسلة الحامض النووى الدنا. والطفرات الوراثية عشوائية؛ لأنه لا يمكن التنبؤ بها ولا تتعلق باحتياجات الكائن. وبمجرد أن تحدث طفرة فى أحد الچينات فإنه ينتج صفة جديدة وعديد من الچينات الطافرة ضارة بالفعل؛ لأنها تحل محل چينات ملائمة، نشأت وخدمت الكائن الحى فى فترة تطوره الطويلة. وأحيانا تكون الطفرات نافعة، ومن هنا تكون ذات أهمية كبيرة للتطور، لأنها تقدم ما يلزم من احتمالات جديدة لعملية الانتخاب الطبيعى ويحدد الانتخاب الطبيعى أى الأحياء يستحق البقاء حيث إن البيئة تعمل عملية مسح تمرر بها المناسب وتتخلص من غير المناسب.

الاستنساخ Cloning والمعالجة الچينية Gene therapy

يمكن تعريف الاستنساخ على أنه عملية غرس أو زراعة نواة خلية جسدية فى بويضة نُزعت نواتها، وفى نهاية الأمر بوسع هذه البويضة أن تصبح فردا كاملا يكون نسخة طبق الأصل من الكائن الذى أخذت منه الخلية الجسدية؛ ولذا تُناقش التقنية الحديثة والخاصة بالاستنساخ على أنها وسيلة تكوين نسخ وراثية للفرد الكامل البالغ، بيد أن استعمالها الفعلى أبعد بكثير فيمكن ضم عملية الاستنساخ إلى طرق التقنيات الحيوية الحديثة الأخرى لتحقيق أهداف جديدة مع أن هذه التجارب مازالت فى بدايتها وتحتاج إلى دراسة وتطوير.

إن الاتجاه الذى قد يعطى فائدة خاصة من هذه التقنية هو المعالجة الچينية للخلايا التناسلية والمعروفة باسم الجاميطات (أى الحيوانات المنوية والبويضات). وفكرة المعالجة الچينية تبدأ بتنمية بويضة مخصبة فى المعمل إلى كتلة من نسيج جنينى مبكر ثم يتم غرس چين فعال أى چين سليم (غير مصاب) فى الخلايا الجنينية ثم يمكن بعد ذلك أخذ الحامض النووى الدنا **DNA** من إحدى تلك الخلايا وغرسه أو زرعه فى بويضة جديدة. والمقصود من هذه التجارب هو التحوير الچينى الذى قد يصحح ما يمكن أن يكون مشكلة للأجيال اللاحقة ويأمل علماء البيولوچيا الجزيئية فى استخدام تقنيات الاستنساخ كوسيلة لإنجاح المعالجة الچينية سواء فى الإنسان أو الحيوان. وبوسع المعالجة الچينية للخلايا التناسلية والتى لم تُدرس فى الإنسان بعد، أن تكون مثالية فى منع ظهور بعض الأمراض فى الأجيال التالية.

السائل النووى Nuclear sap or Nucleoplasm

السائل النووى عبارة عن مادة غير محددة الشكل تملأ المسافة بين الكروماتين والنوية داخل النواه ويحوى المزيد من البروتينات والأيونات والنواتج الأيضية.

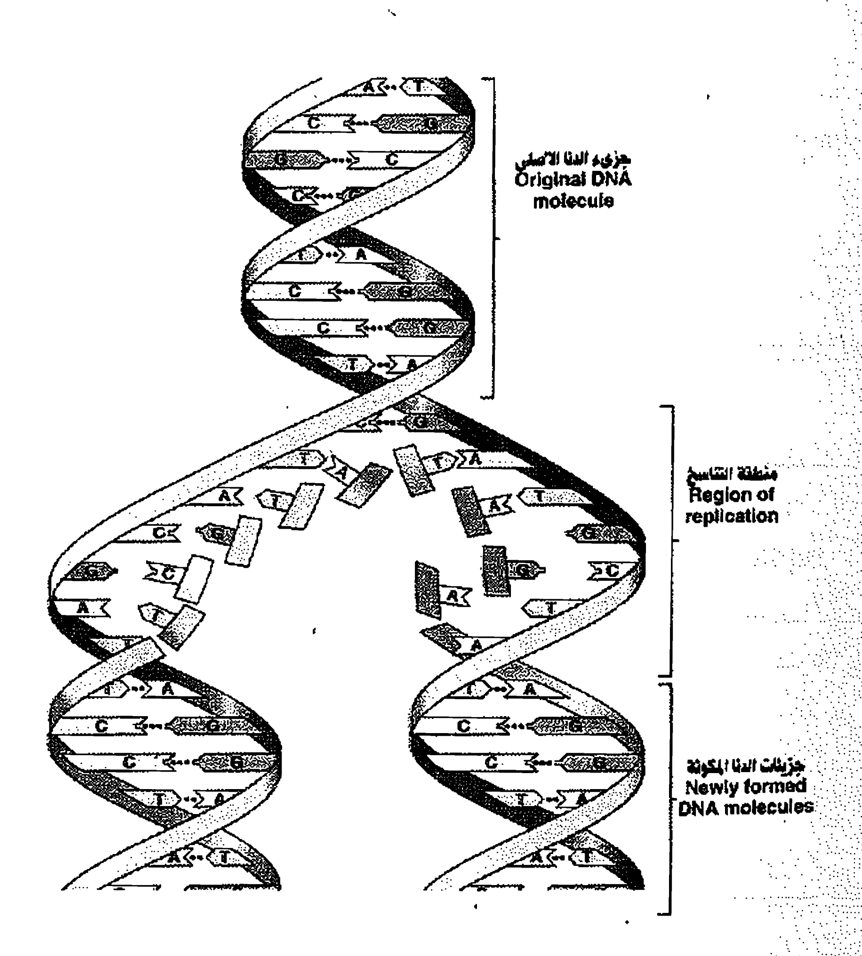
جدول (١-١)

ملخص لوظائف وتركيب العضيات والمحتويات الأخرى داخل السيتوبلازم

الاسم	الوظيفة	التركيب
الميتوكوندريا Mitochondria	تزود الخلايا (وبالتالى الانسجة والاعضاء) بالطاقة التى تحتاج إليها حيث تقوم بإنتاج الادينوزين ثلاثى الفوسفات ATP.	تركيب مستدير او بيضاوى او مستطيل مغلف بغشاءين والغشاء الداخلى على شكل ثنايا لزيادة مساحة السطح.
جهاز جولجى Golgi apparatus	يقوم بتجميع وتغليف وتخزين النواتج الإفرازية.	عبارة عن اغشية ملساء والتى تكون انابيب او تجاويف مستديرة وعادة ما تكون قريبة من النواة.
الشبكة الإندوبلازمية Endoplasmic reticulum	الشبكة الإندوبلازمية الخشنة تكون مسئولة عن تصنيع المواد المفرزة وخاصة البروتينات لذا فلها دور هام فى نمو وتميز الخلايا. اما الشبكة الإندوبلازمية الملساء فهى تشترك فى إنتاج الستيرودات والفوسفوليبيدات.	تظهر على هيئة اغشية رقيقة. والشبكة الإندوبلازمية الخشنة rough تحتوى على الريبوسومات ribosomes بخلاف الشبكة الإندوبلازمية الملساء smooth فهى لا تحتوى على الريبوسومات.
الليسوسومات Lysosomes	مرتبطة بالهضم داخل الخلية لإحتوائها على إنزيمات هاضمه.	عبارة عن تراكيب دائرية مغلفة باغشية.
الجسم المركزى Centrosome	يؤدى دوراً هاما فى عملية الانقسام حيث يكون الخيوط المغزلية اثناء الانقسام.	جسم بيضاوى يقع قريبا من النواة.
الانيبيبات الدقيقة Microtubules	تدعم الخلية من الداخل وتساعد فى نقل العضيات داخل الخلية.	عبارة عن تراكيب انبوبية الشكل.
الخيوط الدقيقة Microfilaments	تؤدى بانقباضها وانبساطها إلى تغير فى شكل الخلايا وحركتها.	خيوط لها المقدرة على الانقباض والانبساط.
النواة Nucleus	تحتوى على المعلومات الوراثية لذا فهى مسئولة عن انشطة عديدة مثل التمثيل الغذائى والتكاثر ونقل الصفات الوراثية من جيل إلى آخر.	جسم مستدير او بيضاوى محاط بغلاف نووى (غشاء مزدوج الطبقات).
النوية Nucleolus	تقوم بإنتاج الرنا الريبوسومى ribosomal RNA, r - RNA	جسم مستدير او بيضاوى موجود داخل النواة ويحتوى على الاحماض النووية (الرنا RNA والدنا DNA).

Cell division انقسام الخلية

. إن المظهـــر الأســاسى لانقســـــام الخليــة هو تضـــاعف مــادة الجيــنات على الكروموسومات (الحــامض النووى - الدنا) وهذا التـضاعف يتم بعـملية تعـرف باسم التناسخ (التضاعف) **replication** وبعد هذه العملية ســوف يكون على كل كروموسوم ضعف العــدد من العوامل الوراثية نتـيجة تناسخ جـزىء الدنا شكل (١-١١) أى سوف يتحول كل كروموسوم إلى كروماتيدين. وعندما يتم انفصال الكروماتيدات يتكون ضعف العدد الأصلى من الكروموسومات وبذلك يسهل انقسام الخلية. وهناك نوعان من انقسام الخلية هما الانقسام غير المباشر **mitosis** والانقسام الاختزالى **meiosis**.



شكل (١ ـ ١١) تناسخ الدنا
DNA replication

أ - الانقسام غير المباشر Mitosis

يتم هذا النوع من الانقسام بين الخلايا الجسدية **somatic cells** ويتميز بالتضاعف الدقيق للمادة الوراثية بظاهرة التناسخ، كما ينقسم السيتوبلازم إلى نصفين متساويين ومن هنا فإن أهمية الانقسام غير المباشــر هو انفصال المادة الوراثية المستنسخة عن المادة الوراثية الأصلية وبذلك تتكون خليتان متطابقتــان تماما، وبكل واحدة منهما نفس العدد الأصلى من الكروموسومات (أى العدد الزوجى من الكروموسومات) (شكل ١-١٢).

وقبل أن تدخل الخليــة فى عملية الانقســام وهى الفترة ما بين انقســامين (مرحلة بينيــة) **interphase** تكون مــادة الــكرومــاتين مــوزعـــة داخل النواة مكونة الشـــبكة الكروماتينية. وتتم عملية الانقسام غير المباشر على أربع مراحل هى:

١- المرحلة التمهيدية **prophase**

٢- المرحلة الاستوائية **metaphase**

٣- المرحلة الانفصالية **anaphase**

٤- المرحلة النهائية **telophase**

١- المرحلة التمهيدية The prophase

تبدأ هذه المرحلة بتحول الشبكة الكروماتينية إلى خيوط والتى ما تلبث أن تنفصل عن بعضها مــكونة الكروموسومات والتى تظهر بوضوح داخل النواة على هــيئة تراكيب تشبه العــصى. بعد ذلك تتضاعف كــمية المادة الوراثية بعــملية التناسخ **replication**. مــعنى هذا أن المرحلة التمــهــيدية تبــدأ بظهور كل كــرومــوسوم مكونا من نصــفين من الكرومــاتيدات يرتبطــان معــا فى نقطة محــددة تســمى السنترومــيــر (القطعة المركــزية) **centromere**. وخلال هذا تحدث تغيرات واضحة فى الســيتوبلازم حيث ينقسم الجسم المركزى إلى اثنين ثم يتــجه كل نصف إلى طرف من الخليــة. ثم تظهر فى الســيــتوبلازم خيوط مغزلية **spindle filaments**، حيث تكون مرتبطة بالجسمين المركزيين وتتجه إلى منتصف الخــلية مكونة تركيــبا يشــبه النجمــة يسمى الإســتر **aster**. ثم تبدأ النوية فى الاختــفاء تدريجيا حــيث تتصل محتــوياتها بأحد الكرومــاتيدات، وأخيرا يبــدأ الغلاف النووى فى التحلل والاختفاء.

٢- المرحلة الاستوائية The metaphase

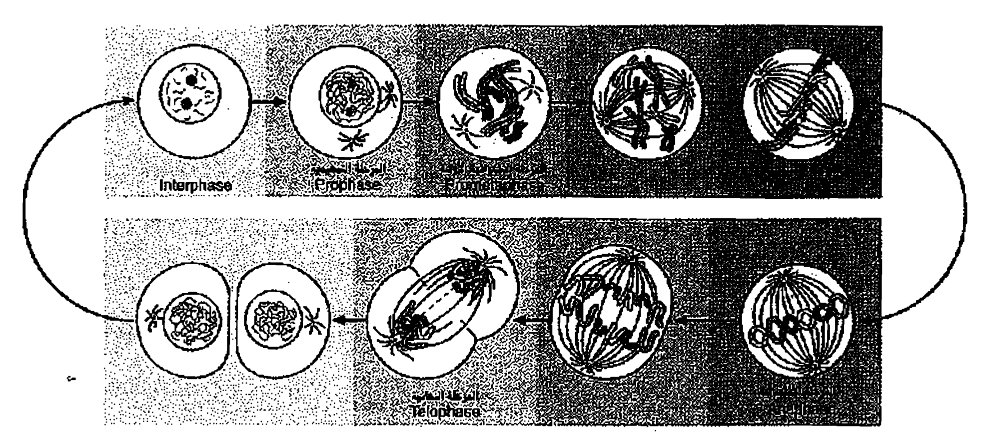
فى هذه المرحلة تتحرك كل الكروموسومات (أزواج الكروماتيدات) إلى منتصف الخلية حيث تصطف على الخط المنصف للخلية والمعروف باسم القرص الاستوائى **equatorial plate**، ويتسع الجهاز المغزلى ليحتل الجزء الأكبر من الخلية وتكون الكروموسومات مرتبطة بواسطة السنتروميرات إلى الخيوط المغزلية، والفترة الزمنية لهذه المرحلة قصيرة.

٣- المرحلة الانفصالية The anaphase

خلال هذا المرحلة يتم انقسام أو انشقاق كل كروموسوم إلى كروماتيدين، ومن هنا تتكون مجموعتان من الكروماتيدات أو ما تسمى بالكروموسومات البنوية **daughter chromosomes** حيث تتحرك كل مجموعة من هذه الكروموسومات إلى أحد طرفى الخلية. وهذا يعنى أن مجموعتين متشابهتين تماما من الكروموسومات تجمعتا فى قطبى الخلية؛ ولذا فإن كل خلية صغيرة ناتجة، سوف تحتوى على نفس العدد الأصلى من الكروموسومات. وهذا له أهمية كبيرة فى الحفاظ على المادة الوراثية فى كل خلية جديدة تتكون من الانقسام.

٤- المرحلة النهائية The telophase

فى هذه المرحلة النهائية من عملية الانقسام تختفى الخيوط المغزلية وتصبح الكروموسومات طويلة ورفيعة، ثم يبدأ ظهور الغشاء النووى حول كل مجموعة من الكروموسومات ويعاد بناء النوية داخل كل نواة جديدة. وفى تلك الأثناء ينقسم السيتوبلازم إلى جزءين متساويين حيث يبدأ ظهور تخصر **constriction** بين النواتين عند الخط المنصف للخلية الأم، ومن هنا تكون قد انقسمت الخلية الأم إلى خليتين ينفصلان عن بعضهما، وكل خلية منهما لها نفس العدد الزوجى من الكروموسومات، ونفس كمية المادة الوراثية الموجودة بالخلية الأم. وعلى ذلك يمكن القول أن المرحلة النهائية تعتبر حالة عكسية للمرحلة التمهيدية، وهنا تصل الخليتان الجديدتان إلى المرحلة أو الطور المسمى ما بين الانقسام (الطّوْر البيْنىّ) **interphase** وفيه تزداد أنشطة الخلايا إلى الدرجة القصوى حيث تتغذى وتكبر لتصبح بعد فترة وجيزة شبيهة بالخلية الأم، وهنا يمكن أن تدخل فى مراحل الانقسام.



شكل (١ ـ ١٢) *الانقسام غير المباشر*
Mitosis

ب- الانقسام الاختزالي Meiosis

هذا النوع من الانقسام يحدث في الخلايا التناسلية عند تكوين الحيوانات المنوية في الخصية والبويضات في المبيض. وأهم ما يميزه هو اختزال العدد الأصلي (الثنائي) من الكروموسومات **diploid number** إلى نصف العدد **haploid number**. وعندما يتم الإخصاب **fertilization** تتحد نواة الحيوان المنوي مع نواة البويضة فيتكون الزيجوت الذي تحتوي نواته على العدد الزوجي من الكروموسومات؛ ولذا فإن أهمية الانقسام الاختزالي تكمن في اختزال عدد الكروموسومات إلى النصف حتى يمكن المحافظة على العدد الأصلي في خلايا كل نوع من الكائنات، معنى ذلك أن هذا النوع من الانقسام يحفظ عدد الكروموسومات ثابتا في النوع الواحد لتتكون دائما مخلوقات تشبه الأبوين (شكل ١ - ١٣).

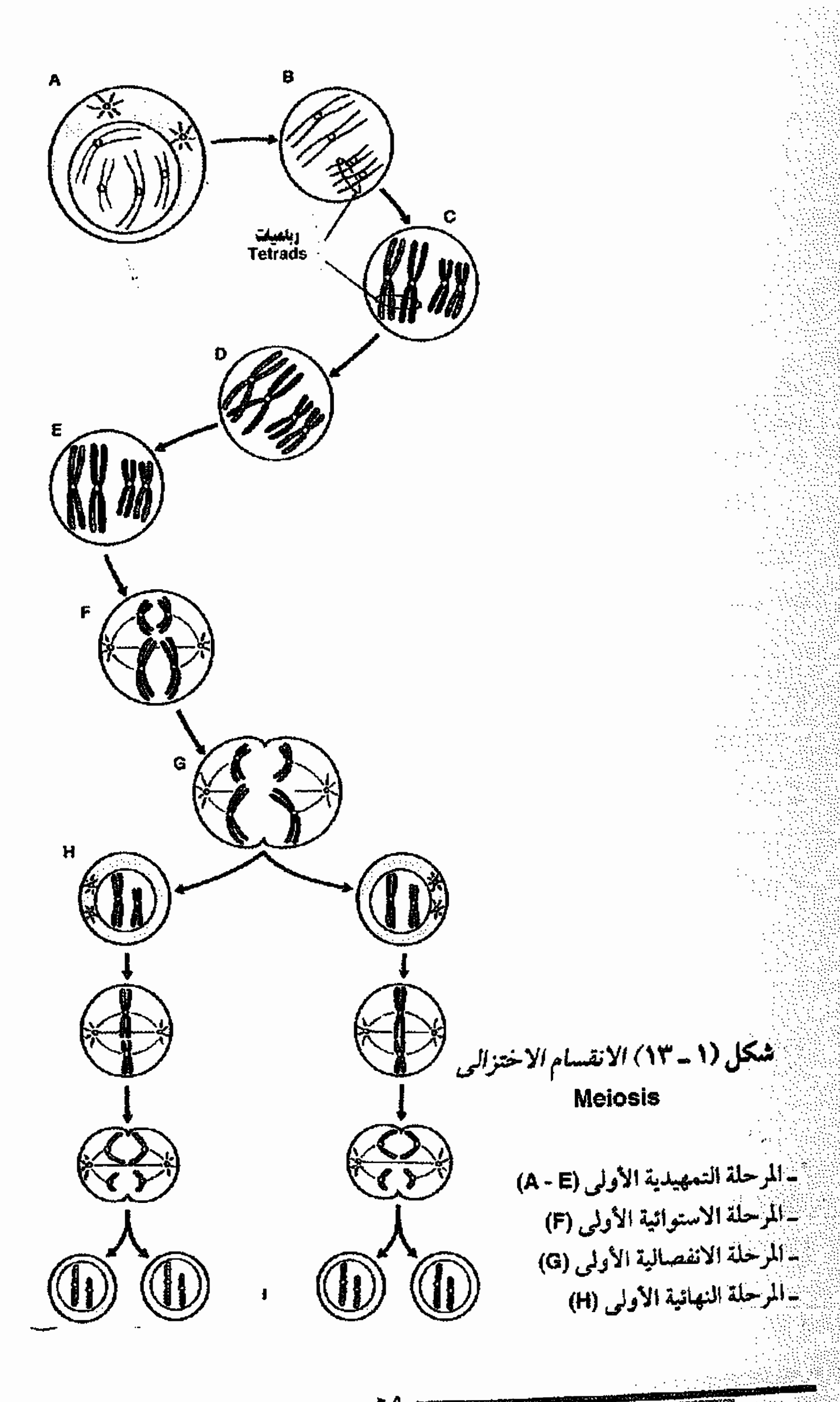
والانقسام الاختزالي يتم على مرحلتين:

١ - الانقسام الاختزالي الأول First meiotic division

وأهم ما يميز هذه المرحلة هو عبور أو انتقال بعض الصفات الوراثية بين الكروموسومات المتشابهة مع اختزال عدد الكروموسومات إلى النصف.

٢ - الانقسام الاختزالي الثاني Second meiotic division

ويمكن اعتباره انقساما غير مباشر، غير أن الخلية التي تبدأ هذه المرحلة تكون محتوية على نصف العدد الأصلي من الكروموسومات.



شكل (١ - ١٣) الانقسام الاختزالى

Meiosis

- المرحلة التمهيدية الأولى (A - E)
- المرحلة الاستوائية الأولى (F)
- المرحلة الانفصالية الأولى (G)
- المرحلة النهائية الأولى (H)

الانقسام الاختزالى الأول

ويشمل المرحلة التمهيدية الأولى والمرحلة الاستوائية الأولى والمرحلة الانفصالية الأولى والمرحلة النهائية الأولى.

١- المرحلة التمهيدية الأولى **Prophase I**

- هذه المرحلة معقدة للغاية وفيها يظهر العدد الزوجى للكروموسومات وكل كروموسوم يتكون من زوج من الكروماتيدات المتماثلة **sister chromatids**.

- تتقارب الكروموسومات المتشابهة **homologous chromosomes** بعضها إلى بعض حيث إن هذه الكروموسومات المتشابهة تكون متساوية فى الحجم والشكل وأيضا فيما تحمله من صفات وراثية ثم تتشابك وتلتف حول بعضها **synapsis** ومن هنا تكوّن ما يعرف باسم وحدات الكروموسومات المتكافئة **bivalent chromosome units**.

- وبعد إتمام تقابل چينات كل كروموسوم مع چينات الكروموسوم المتشابه تقصر الكروموسومات وتغلظ فى السمك ويظهر بوضوح أن كل وحدة من الكروموسومات المتكافئة تتكون من أربع كروماتيدات؛ ولذا يطلق عليها اسم رباعيات **tetrads**.

- عندئذ تلتصق خيوط الكروماتيدات الأربعة فى عدة مناطق تسمى بنقاط التشابك **chiasmata** وعندها يتم تبادل الچينات وتعرف هذه العملية بالعبور **crossing over**، وعندئذ يكون قد حدث تغير أو تعديل أو تبديل فى بعض الچينات لاثنين من الكروماتيدات الأربعة، والاثنان الآخران لا يحدث بهما أى تغيير.

- بعد إتمام عملية العبور تنفصل الكروموسومات المتشابهة وتبدأ النوية فى الاختفاء ويذوب الغلاف النووى وتتكون الخيوط المغزلية.

٢- المرحلة الاستوائية الأولى **Metaphase I**

تبدأ الكروموسومات المتشابهة فى ترتيب نفسها فى منتصف الخلية فيما يعرف باسم القرص الاستوائى وتتشابك مع الخيوط المغزلية بواسطة السنتروميرات.

٣- المرحلة الانفصالية الأولى **Anaphase I**

فى هذه المرحلة يتحرك كل كروموسوم من الكروموسومين المتشابهين إلى قطب من أقطاب الخلية. وهنا تجدر الإشارة إلى عدم انقسام السنترومير حيث ما زال كل كروموسوم يتكون من كروماتيدين.

٤ - المرحلة النهائية الأولى Telephase I

عندئذ تتجمع الكروموسومات عند قطبي الخلية ويتخصر السيتوبلازم لتنقسم الخلية الأصلية إلى خليتين، وكل واحدة منهما تحتوى على نصف العدد الأصلى من الكروموسومات والتى تحاط بغلاف النواة.

الانقسام الاختزالى الثانى

يمكن أن يبدأ هذا الانقسام بعد الانقسام الاختزالى الأول مباشرة بدون مرور الخلية فى مرحلة ما بين الانقسامين **interphase**، وينقسم إلى المرحلة التمهيدية الثانية **prophase II** والمرحلة الاستوائية الثانية **metaphase II** والمرحلة الانفصالية الثانية **anaphase II** والمرحلة النهائية الثانية **telophase II**.

المرحلة التمهيدية الثانية والمرحلة الاستوائية الثانية

Prophase II and Metaphase II

كل خلية من الخلايا الناتجة من الانقسام الاختزالى الأول والتى تحوى نصف عدد الكروموسومات تبدأ فى الانقسام بالطريقة غير المباشرة حيث تظهر الخيوط المغزلية وتستنسخ جزيئات الدنا المكونة للجينات ثم يختفى غلاف النواة وترتب الكروموسومات فى القرص الاستوائى، وهنا يبدأ انقسام السنتروميرات لأول مرة فى الانقسام الاختزالى حيث تنفصل الكروماتيدات عن بعضها، وهذه الكروماتيدات تكون مختلفة فى بعض الأجزاء نتيجة حدوث عملية العبور والتى أشرنا إليها فى المرحلة التمهيدية الأولى.

المرحلة الانفصالية الثانية والمرحلة النهائية الثانية

Anaphase II and Telophase II

تتحرك الكروماتيدات المتماثلة **sister chromatids** والمختلفة فى بعض الجينات إلى قطبي الخلية وينقسم السيتوبلازم وينتج عن ذلك خليتان كل واحدة منهما تحتوى على نصف العدد الأصلى من الكروموسومات والذى يحاط بغلاف النواة.

وعلى ذلك فالمحصلة النهائية بعد مرحلتى الانقسام الاختزالى هى تكوين أربع خلايا كل واحدة تحتوى على نصف عدد الكروموسومات الموجودة فى الخلية الأم التى بدأت الانقسام الاختزالى.

الباب الثاني

الأنسجة الحيوانية





الفصل الثالث

الأنسـجة الطـلائيـة

Epithelial Tissues

تمهيد

عند تخصيب البويضة الناضجة **ripe egg** بحيوان منوى **sperm** تتكون الخلية المخصبة والتى تعرف باسم الزيجوت **zygote**. وينقسم هذا الزيجوت انقسامات عديدة لتكوين مجموعة من الخلايا تتميز إلى ثلاث طبقات جرثومية (منبتة) **three germ layers** وهى: الإكتودرم **ectoderm** وهو الطبقة الخارجية للجنين، والميزودرم **mesoderm** وهو (الطبقة الوسطى) والإندودرم **endoderm** وهو الطبقة الداخلية. ومن هذه الطبقات الثلاث يبدأ تكوين أنسجة الجسم المختلفة.

ويعرف النسيج بأنه مجموعة من الخلايا المتشابهة تتجمع لتؤدى وظيفة عامة. وتختلف أنسجة الجسم عن بعضها البعض فى أمور كثيرة منها الشكل والتركيب والحجم وكمية المادة الموجودة بين الخلايا، وأيضا النشأة من الطبقات المنبتة. وعادة تقسم أنسجة الجسم إلى أربعة أنواع رئيسية هى:

- الأنسجة الطلائية **epithelial tissues** وتنشأ من الثلاث طبقات الجرثومية.
- الأنسجة الضامة **connective tissues** وتنشأ من طبقة الميزودرم.
- الأنسجة العضلية **muscular tissues** وتنشأ من طبقة الميزودرم.
- الأنسجة العصبية **nervous tissues** وتنشأ من طبقة الأكتودرم.

يطلق اسم النسيج الطلائى **epithelium** على كل الأغشية الخلوية **cellular membranes** المبطنة للتجاويف أو المغلفة للأسطح.

الخصائص العامة للأنسجة الطلائية

General characteristics of epithelial tissues

١- تنشأ الأنسجة الطلائية إما من طبقة الإكتودرم أو الميزودرم أو الإندودرم.

٢- تؤدى الأنسجة الطلائية العديد من الوظائف مثل الحماية **protection** والامتصاص **absorption** والإفراز **secretion**.

٣- تتميز خلايا النسيج الطلائى بأنها متراصة ومتماسكة مع بعضها ومن هنا فإن المادة الموجودة بين الخلايا **intercellular substance** تكون قليلة جدا.

٤- يرتكز النسيج الطلائى عادة على غشاء قاعدى **basement membrane**.

٥- لا يتخلل النسيج الطلائى أوعية دموية **non-vascularized**، ولكن تصله المادة الغذائية والأكسجين بطريقة الانتشار **diffusion** من الطبقة التى تقع تحته.

٦- تتميز الأنسجة الطلائية بأنها تتجدد دائما حيث إنها معرضة باستمرار للتلف **damage**.

أنواع الأنسجة الطلائية Types of epithelial tissues

تقسم الأنسجة الطلائية إما طبقًا لشكل وترتيب الخلايا **morphological structure** أو طبقًا للوظائف التى تؤديها **functions**. وعلى ذلك يمكن تقسيمها إلى نوعين هما: الأنسجة الطلائية السطحية **surface epithelial tissues** والأنسجة الطلائية الغدية **glandular epithelial tissues**.

أولا: الأنسجة الطلائية السطحية Surface epithelial tissues

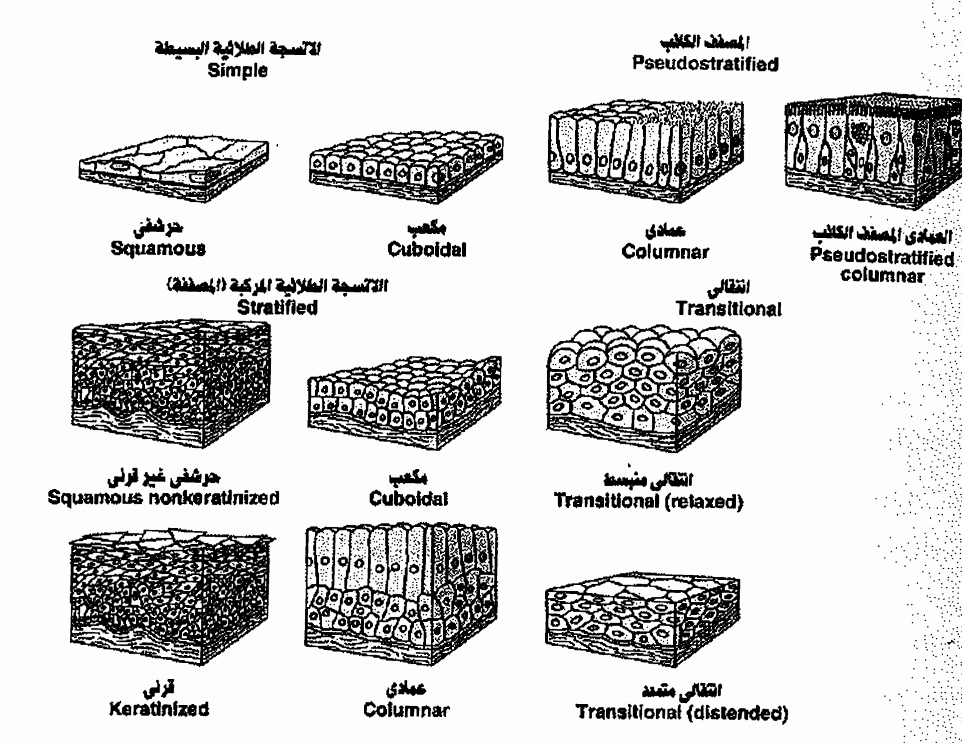
تقسم هذه الأنسجة طبقا لشكل الخلايا وعدد الطبقات المكونة للنسيج إلى نوعين: (أ) الأنسجة الطلائية البسيطة **simple epithelia**. (ب) الأنسجة الطلائية المركبة (المصففه - الطبقية) **compound (stratified) epithelia** (شكل ٢-١).

أ - الأنسجة الطلائية البسيطة Simple epithelia

يتكون هذا النوع من الأنسجة الطلائية من صف واحد من الخلايا وعادة ما ترتبط هذه الأنسجة الطلائية البسيطة بوظيفتى الامتصاص أو الإفراز ولا تؤدى دورا هاما فى الحماية وتنقسم هذه الأنسجة طبقا لشكل الخلايا المكونة للنسيج إلى:

١ - النسيج الطلائى الحرشفى البسيط Simple squamous epithelium

يتميز هذا النسيج بأن خلاياه تكون سداسية الشكل وتحتوى كل خلية على نواة مركزية كبيرة، ويوجد هذا النوع فى المناطق التى تحدث فيها عملية انتشار **diffusion** أو عملية ترشيح **filtration** حيث يبطن الأوعية الدموية والليمفية وأيضا الحويصلات الهوائية للرئتين كما يوجد كغطاء لمعظم أجزاء القناة الهضمية.



شكل (٢ ـ ١) الأنسجة الطلائية السطحية
Surface epithelial tissues

٢- النسيج الطلائى المكعب البسيط Simple cuboidal epithelium

خلايا هذا النوع تكون مكعبة الشكل والنواة مستديرة وتقع فى منتصف كل خلية. ويوجد هذا النسيج فى كثير من الغدد وفى شبكية العين وأيضا فى الطبقة المنبتة **germinal layer** فى المبيض.

٣- النسيج الطلائى العمادي البسيط Simple columnar epithelium

تكون الخلايا فى هذا النوع مستطيلة الشكل وترتكز عمودية على الغشاء القاعدى، وأنوية الخلايا توجد قريبة من القاعدة. ويوجد هذا النوع مبطنا لقنوات بعض الغدد وبعض أجزاء القناة الهضمية مثل المعدة والأمعاء.

٤- النسيج الطلائى العمادى البسيط المهدب

Simple columnar ciliated epithelium

هذا النسيج يشبه النسيج الطلائى العمادى إلا أن أسطح الخلايا الخارجية تحمل أهدابا **cilia**، وهذه الأهداب تكون متحركة؛ لذا تسبب حدوث تيار **current** للسوائل أو الجزيئات الدقيقة المجاورة لسطح النسيج. وهذا النوع يوجد فى تجويف الأنف والشعب الهوائية وقناة البيض وفى الرحم أيضا.

٥- النسيج العمادى المصفف الكاذب

Pseudostratified columnar epithelium

هذا النوع من الأنسجة الطلائية يمكن اعتباره أحد أنواع الأنسجة الطلائية البسيطة؛ لأن جميع خلاياه ترتكز على الغشاء القاعدى، إلا أن أنوية هذه الخلايا تبدو مرتبة فى أكثر من صف واحد ومن هنا تم تسميته مصفف كاذب. وينتشر هذا النوع فى القنوات الإخراجية الكبيرة وفى أجزاء من مجرى البول الذكرى **male urethra**.

٦- النسيج العمادى المصفف الكاذب المهدب

Pseudostratified columnar ciliated epithelium

يشبه هذا النسيج النوع السابق ذكره إلا أن الأسطح الحرة للخلايا تكون مزودة بأهداب. ويوجد هذا النوع مبطنا للممرات التنفسية الكبيرة وأيضا فى أجزاء من الجهاز التناسلى الذكرى **male reproductive system**.

ب- الأنسجة الطلائية المركبة (المصففة - الطبقية)

Compound (stratified) epithelia

هذه الأنواع من الأنسجة الطلائية تكون خلاياها مرتبة فى أكثر من طبقة ووظيفتها الأساسية هى الحماية **protective function** وتقسم هذه الأنسجة طبقا لشكل خلايا الطبقة العليا **outermost layer** إلى:

١- نسيج طلائى حرشفى مركب Stratified squamous epithelium

يتكون هذا النوع من الأنسجة من عدة طبقات من الخلايا مرتبة بعضها فوق بعض. والطبقة السفلى تكون مرتكزة على الغشاء القاعدى وعادة ما تكون عمادية أو مكعبة الشكل وذات أنوية كبيرة وتسمى طبقة ملبيجى **Malpighian layer**. وتعرف

أيضا بالطبقة المولدة **germinative layer** لأنها سريعة الانقسام لسهولة وصول الغذاء إليها من طبقة النسيج الضام الموجود أسفل الغشاء القاعدى؛ لذا تنشأ فوقها الطبقة المتوسطة التى تُدفع لتكوين الطبقة العليا والتى تكون خلاياها معرضة للاحتكاك الدائم بالوسط المحيط بها، ومن هنا تموت ويحل محلها طبقة أخرى من الداخل. ويبطن هذا النوع من الأنسجة الطلائية تجويف الفم والبلعوم والمرىء والمهبل **vagina**.

٢- نسيج طلائى حرشفى مركب قرنى

Stratified squamous keratinising epithelium

يعتبر هذا النوع حالة خاصة من النوع السابق حيث تموت خلايا السطح الخارجى للنسيج وتتحول إلى طبقة قرنية؛ ولذا تعرف باسم عملية تكوين الكيراتين **keratinisation**، وهذا يعنى تكوين طبقة سميكة غير خلوية **non-cellular surface layer** تعرف باسم الطبقة القرنية **horny layer**، والتى تتكون من مادة بروتينية تسمى الكيراتين **keratin** وأفضل مثال لذلك هو بشرة الجلد **epidermis** فى الإنسان.

٣- نسيج طلائى مركب مكعب Stratified cuboidal epithelium

يتكون عادة هذا النسيج من طبقتين أو ثلاثة من الخلايا ويوجد فى قنوات الغدد ذات الإفراز الخارجى مثل الغدد العرقية والغدد اللعابية.

٤- نسيج طلائى مركب عمادى Stratified columnar epithelium

يتميز هذا النوع بأن خلايا الطبقة السطحية مستطيلة الشكل وهو موجود فى مناطق معينة فى الجسم مثل الحنجرة وبعض القنوات الإخراجية.

٥- نسيج طلائى مركب عمادى مهدب

Stratified columnar ciliated epithelium

يشبه النسيج السابق إلا أن أسطح خلايا الطبقة الخارجية (العليا) مزودة بأهداب ويبطن هذا النسيج الوعاء الناقل **vas deferens** فى الجهاز التناسلى الذكرى فى الإنسان.

٦- نسيج طلائى انتقالى Transitional epithelium

هذا النوع من الأنسجة الطلائية المركبة يوجد لمجابهة التمدد **distension** أو الانبساط حيث إن خلاياه لها القدرة على تغيير شكلها طبقا للضغط الواقع عليها؛ ولذا

يوجد هذا النسيج فى جدار المثانة البولية **urinary bladder** حيث يتمدد عندما تكون المثانة مملوءة بالبول وينبسط عند تفريغ المثانة.

ثانيا: الأنسجة الطلائية الغدية Glandular epithelial tissues

تخصصت هذه الأنسجة الطلائية لوظيفة محددة وهى عملية الإفراز **secretion** ولذا تعرف هذه التراكيب باسم الغدد **glands**. وتنشأ الغدد فى الجنين بواسطة عملية انغماد **invagination** لصف الخلايا الطلائية فى النسيج الضام الموجود تحتها.

وتوجد طريقتان لتقسيم الغدد: الطريقة الأولى تعتمد على عدد الخلايا المكون للغدة، ومن هنا تقسم الغدد إلى:

١ - غدد وحيدة الخلية Unicellular glands

حيث تتكون الغدة من خلية واحدة مثل الخلية الكأسية **goblet cell** التى توجد بين خلايا النسيج الطلائى المبطن للقصبة الهوائية والقناة الهضمية وهذه الخلايا تقوم بإفراز مادة المخاط.

٢- غدد عديدة الخلايا Multicellular glands

وهذه الغدد تتكون من عدد كبير من الخلايا وتنقسم هذه الغدد بالطريقة الثانية وذلك اعتمادا على المادة الكيميائية التى تفرزها الغدة وأيضا طبقا لوجود أو عدم وجود قناة للغدة؛ ولذلك يوجد نوعان من الغدد عديدة الخلايا، غدد ذات إفراز خارجى وغدد ذات إفراز داخلى.

أ - غدد ذات إفراز خارجى Exocrine glands

وتعرف أيضا باسم الغدد القنوية **duct glands** وهذه الغدد لها قنوات تحمل الإفراز إلى خارج جسم الغدة مثل الغدد العرقية التى تقوم بإفراز العرق، والغدد الهضمية التى تقوم بإفراز العصارات الهاضمة المحتوية على الإنزيمات (شكل ٢-٢).
وتقسم الغدد ذات الإفراز الخارجى إلى نوعين:

غدد بسيطة Simple glands

وهذه الغدد تتميز بأن قنواتها غير متفرعة وطبقًا لشكل الغدة يمكن تمييز أكثر من نوع:

١ - الغدد الأنبوبية البسيطة Simple tubular glands

وهذا النوع من الغدد يكون أنبوبى الشكل، وللغدة قناة واحدة ومن أمثلتها الغدد المعدية فى الثدييات **mammalian gastric glands**.

٢- الغدد الأنبوبية البسيطة الملتوية Simple coiled tubular glands

وجسم الغدة فى هذه الحالة يكون أنبوبى الشكل وملتويا، ومن أمثلته الغدد العرقية **sweat glands** فى جلد الثدييات.

٣- الغدد الأنبوبية البسيطة المتفرعة Simple branched tubular glands

فى هذا النوع يتكون جسم الغدة من عدة أجزاء ولكن جميعها تفتح فى قناة واحدة غير متفرعة ومن أمثلة هذا النوع الغدد المعدية فى الضفدعة **glands of the stomach of toad**.

٤- الغدد الحويصلية البسيطة Simple acinar glands

توجد هذه الغدد فى شكل حويصلات **acini** أو جيوب دائرية **pockets** ومن أمثلتها الغدد الموجودة فى جلد الضفدعة.

٥- الغدد الحويصلية البسيطة المتفرعة Simple branched acinar glands

فى هذا النوع تتكون الغدة من عدة حويصلات ولكن تصب جميعها فى قناة واحدة مثل الغدد الدهنية فى الجلد **sebaceous glands**.

غدد مركبة Compound glands

هذه الغدد تتميز باحتوائها على عدة قنوات متفرعة **branched duct system** ويوجد من هذه الغدد عدة أنواع طبقا لشكل جسم الغدة والذى يشبه من حيث الشكل أنواع الغدد البسيطة التى سبق ذكرها.

١- الغدد الأنبوبية المركبة Compound tubular glands

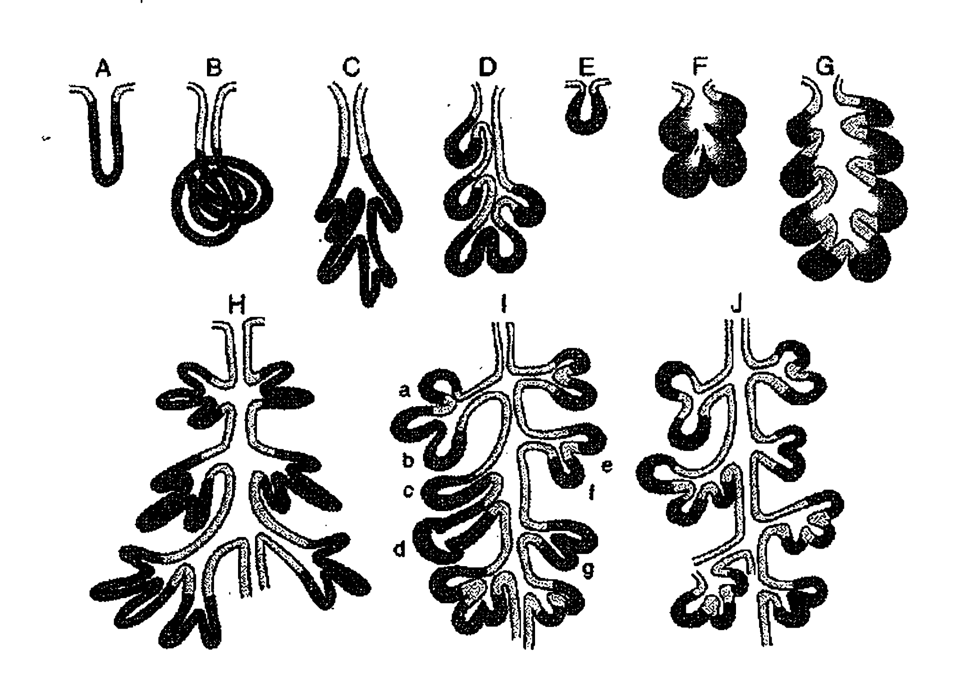
يتميز هذا النوع بأن قناة الغدة متفرعة وجسم الغدة أنبوبى الشكل وأفضل مثال لذلك الكلية **kidney**.

٢- الغدد الحويصلية المركبة Compound acinar glands

يتكون جسم الغدة هنا من أجزاء عديدة دائرية أو حويصلية الشكل والتى تصب إفرازاتها فى أفرع عديدة من القنوات ويعتبر البنكرياس **pancreas** مثالا جيدا لهذا النوع.

٣- الغدد الحويصلية الأنبوبية المركبة Compound tubulo-acinar glands

يتكون جسم الغدة من عدة أجزاء بعضها أنبوبى الشكل والبعض الآخر حويصلى، وتتجمع إفرازات هذه الأجزاء فى قنوات متفرعة، ومن أمثلة هذا النوع الغدد اللعابية **salivary glands**.



غدة أنبوبية بسيطة
A- Simple tubular gland

غدة أنبوبية بسيطة ملتوية
B- Simple coiled tubular gland

غدة أنبوبية بسيطة متفرعة
C & D- Simple branched tubular gland

غدة حويصلية بسيطة
E- Simple acinar gland

غدة حويصلية بسيطة متفرعة
F & G- Simple branched acinar gland

غدة أنبوبية مركبة
H- Compound tubular gland

غدة حويصلية مركبة
I- Compound acinar gland

غدة حويصلية أنبوبية مركبة
J- Compound tubulo - acinar gland

شكل (٢ ـ ٢) *الغدد ذات الإفراز الخارجى*
Exocrine glands

ب- غدد ذات إفراز داخلى Endocrine glands

وتُطلق عليها هذه التسمية لأن إفرازاتها تنقل مباشرة إلى الدم حيث لا توجد قنوات لهذه الغدد ومن هنا تسمى أيضا الغدد اللاقنوية **ductless glands** كما تعرف أيضا باسم الغدد الصماء **endocrine glands** وإفرازاتها تسمى بالهرمونات **hormones** وهى تؤدى وظائف هامة وعديدة فى الجسم، وعلى ذلك فالغدد الصماء تلعب دورا أساسيا فى المحافظة على الاتزان الداخلى **homeostasis**.

وظائف الأنسجة الطلائية Functions of epithelial tissues

١- الحماية Protection

تعتبر الحماية من أهم وظائف الأنسجة الطلائية، فالبشرة تحمى الجسم، حيث تُعتبر غطاء للجسم، وأيضا الطلائية المبطنة للفم تؤدى دورا فى الحماية من أى إصابات نتيجة الاحتكاك **mechanical trauma**. كما تلعب الطبقة الطلائية المبطنة للمثانة البولية دورا فى الحماية من المواد الإخراجية عالية التركيز الموجودة فى البول **protection against the hypertonic excretory wastes in urine**.

٢- الانتقال Transport

يتم انتقال عديد من المواد مثل المخاط وجزيئات أخرى بواسطة أسطح الأنسجة الطلائية ويلاحظ هذا فى القنوات التنفسية حيث تتم عملية الانتقال بواسطة الأنسجة الطلائية المهدبة **ciliated epithelia**.

٣- الإخراج Excretion

عديد من خلايا الأنسجة الطلائية يكون لها دور فى إخراج مواد مختلفة خارج الجسم مثل خروج البول وثانى أكسيد الكربون وأيضا العرق.

٤- الإفراز Secretion

كما أشرنا سابقا فإن الأنسجة الطلائية المكونة للغدد تؤدى دوراً هامًا فى الإفراز سواء الغدد ذات الإفراز الخارجى التى تفرز الإنزيمات، أو ذات الإفراز الداخلى التى تقوم بإفراز الهرمونات.

٥- الامتصاص Absorption

على سبيل المثال فإن امتصاص نواتج الهضم من فراغ القناة الهضمية يتم عن طريق النسيج الطلائى المبطن للأمعاء، وأيضا عملية إعادة الامتصاص فى الكلية تتم من خلال نسيج طلائى.

٦- الاستقبال الحسى Sensory reception

يوجد عديد من خلايا النسيج الطلائى فى أعضاء الحس مثل العين والأنف وأيضا براعم التذوق فى اللسان وهذه تعمل على استقبال المؤثرات الخارجية من الوسط المحيط بالكائن.

٧- التكاثر Reproduction

عملية إنتاج الجاميطات (الأمشاج) **gametes** سواء الحيوانات المنوية فى الخصية أو البويضات فى المبيض يكون منشؤها أنسجة طلائية فى المناسل **gonads** (الخصية والمبيض).

الفصل الرابع

الأنسجة الضامة

Connective Tissues

تنشأ الأنسجة الضامة من النسيج الجنينى الميزنكيمى **mesenchyme** التابع لطبقة الميزودرم **mesoderm** والوظيفة الأساسية لهذه الأنسجة هى ربط أنسجة وأعضاء الجسم بعضها البعض ولذا فهى لا توجد على السطح الخارجى. وتختلف الأنسجة الضامة عن الأنسجة الطلائية فى احتوائها على مادة وفيرة بين الخلايا والمعروفة باسم المادة بين الخلوية **intercellular substance**، والتى تحتوى على ألياف **fibers**. ويُطلق على الخلايا والمادة بين الخلوية مع الألياف اسم عناصر النسيج الضام. وتتفاوت نسب هذه العناصر طبقا لنوع النسيج. أيضا من خصائص النسيج الضام أن خلاياه قليلة ومتباعدة؛ لذا فهو غنى بالأوعية الدموية. وتقسم الأنسجة الضامة إلى نوعين هما:

- الأنسجة الضامة الأصلية (الحقيقية) **connective tissues proper**
- الأنسجة الضامة المتخصصة **specialized connective tissues**

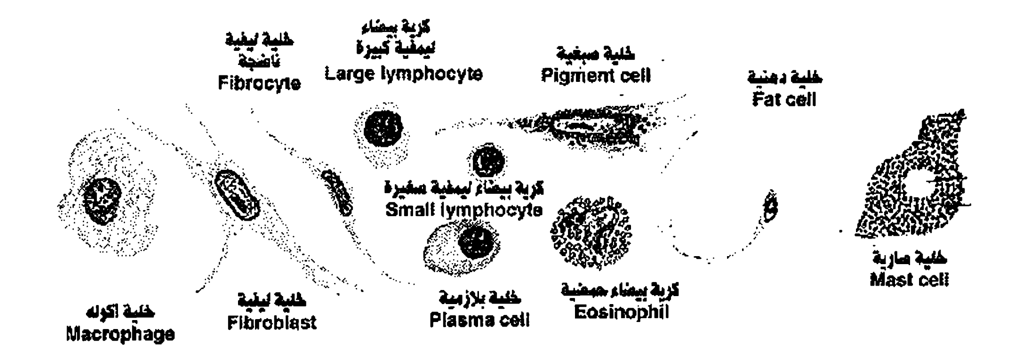
الأنسجة الضامة الأصلية Connective tissues proper

هذه الأنسجة تلعب دوراً هامًا فى الجسم حيث تدخل فى تركيب معظم أعضاء الجسم وتظهر فيها بوضوح عناصر الأنسجة الضامة التى سبق ذكرها وهى الخلايا والمادة الموجودة بينها والتى تعرف باسم المادة الخلالية **ground substance** والألياف.

أنواع خلايا الأنسجة الضامة (شكل ٣-٢)

١- الخلايا الليفية Fibroblasts

هى أكثر الخلايا شيوعا فى الأنسجة الضامة، وهى خلايا كبيرة الحجم ومتفرعة ووظيفتها الأساسية تكوين وإفراز الألياف التى يتميز النسيج الضام بوجودها فى المادة المنتشرة بين الخلايا.



شكل (٢ ـ ٣) خلايا النسيج الضام

Connective tissue cells

٢- الخلايا الأكولة Macrophages

هذه الخلايا كبيرة الحجم ومنها ما هو ثابت **fixed or resting macrophages**، ومنها ما هو متجول **free wandering** وهى تحتوى على ليسوسومات **lysosomes** تقوم بهضم المواد التى تلتهمها هذه الخلايا، ومن هنا فهى ضمن خلايا الجهاز المناعى فى الجسم حيث تقوم بمهاجمة المواد الغريبة فى النسيج وتلتهمها وتهضمها.

٣- الخلايا الدهنية Fat cells

أنوية هذه الخلايا تكون قريبة من السطح الخارجى للخلية بسبب وجود المواد الدهنية داخلها وذلك على حساب السيتوبلازم الموجود بكميات قليلة.

٤- الخلايا الصارية Mast cells

توجد هذه الخلايا على امتداد الأوعية الدموية وتقوم بإفراز مادة مانعة للتجلط **anticoagulant** شبيهة بالهيبارين **heparin** إن لم تكن مماثلة له.

٥- كريات الدم البيضاء Blood leukocytes

يوجد فى الأنسجة الضامة أنواع عديدة من كريات الدم البيضاء ولكن الأكثر شيوعا هى الكريات البيضاء الليمفية **lymphocytes** حيث تؤدى هذه الخلايا دورا هاما فى المناعة ووقاية الجسم من الأمراض.

٦- الخلايا البلازمية Plasma cells

هذا النوع من الخلايا نادر الوجود فى الأنسجة الضامة ولكن يوجد فى الأغشية المصلية **serous membranes** وأيضا فى الأنسجة الليمفية **lymphoid tissues**، وعموما فإن هذه الخلايا تنتشر فى الأماكن المصابة بالالتهابات.

٧- الخلايا الصبغية Pigment cells

تسمى هذه الخلايا أيضا حاملات الألوان **chromatophores** أو حاملات الصبغ وهى توجد فى مناطق مختلفة من الجسم وخاصة تحت الجلد وفى العين ومن هنا فهى مصدر تلون الجزء الموجودة فيه.

ألياف النسيج الضام Connective tissue fibers

يوجد نوعان من ألياف النسيج الضام بين الخلايا وهما:

- الألياف البيضاء (أو ألياف الكولاچين) **white or collagenous fibers**
- ألياف الايلاستين (الألياف المرنة) **elastin fibers**

١- الألياف البيضاء White fibers

وتعرف أيضا بألياف الكولاچين **collagen fibers** حيث إنها تتركب كيميائيا من مادة الكولاچين البروتينية، وهذه الألياف تُكوّن النوع الأساسى من ألياف النسيج الضام حيث توجد فى معظم الأنسجة المدعمة، وطبقا لوجودها فى الجسم تصنف إلى عدة أنواع:

أ- النوع الأول من ألياف الكولاچين Type I collagen

ويوجد هذا النوع فى أدمة الجلد **dermis of skin** والأوتار **tendons** والأربطة **ligaments**.

ب- النوع الثانى من ألياف الكولاچين Type II collagen

ويحتوى هذا النوع على لييفات دقيقة **fine fibrils** ويوجد فى الغضروف الزجاجى **hyaline cartilage**.

جـ- النوع الثالث من ألياف الكولاچين Type III collagen

هذا النوع يكون الألياف المعروفة باسم ألياف الريتكيولين أو الألياف الشبكية reticulin (or reticular) fibers وكانت تصنف هذه الألياف كنوع مستقل عن ألياف الكولاچين، وذلك بسبب قابلية ارتباطها بأملاح الفضة silver salts . وعادة ما توجد هذه الألياف فى صورة شبكة مدعمة للنسيج الموجودة فيه مثل الكبد liver ونخاع العظم bone marrow والأعضاء الليمفية lymphoid organs .

د - النوع الرابع من ألياف الكولاچين Type IV collagen

هذه الألياف توجد على هيئة تركيب شبكى mesh-like structure ولا توجد فى صورة ليفات fibrils وهى أحد المكونات الأساسية للأغشية القاعدية basement membranes .

٢- ألياف الإيلاستين Elastin (or elastic) fibers

ألياف الإيلاستين تشبه المطاط rubber حيث إنها مرنة ومن هنا فهى تعرف أيضا باسم الألياف المرنة، وهى أقل سمكا من الألياف البيضاء وتتفرع وتتشابك كما هو الحال فى الجلد وقد يبلغ قطرها من ١٠-١٢ ميكرونا فى بعض أنواع الأربطة .

المادة بين الخلوية Intercellular substance (Ground substance)

تحتوى الأنسجة الضامة الأصلية على كمية كبيرة من المادة بين الخلوية والتى توجد فى صورة غروية colloidal substance ، وتحتوى على كمية كبيرة من الماء الذى يساعد على انتشار الغازات والمواد الغذائية من الأوعية الدموية إلى خلايا النسيج . والمادة الخلالية المنتشرة بين الخلايا فى الأنسجة الضامة تتركب كيميائيا من جزيئات عديدات التسكر المخاطية mucopolysaccharides .

ويمكن تقسيم الأنسجة الضامة الأصلية إلى :

* الأنسجة الضامة المفككة loose connective tissue
* الأنسجة الضامة الكثيفة dense connective tissue

الأنسجة الضامة المفككة Loose connective tissues

تتميز الأنسجة الضامة المفككة باحتوائها على شبكة غير كثيفة من الألياف وبانتشار العديد من خلايا النسيج الضام التى سبق ذكرها، وفيما يلى الأنواع المختلفة من الأنسجة الضامة المفككة:

١- الميزنكيم Mesenchyme

الميزنكيم عبارة عن نسيج ضام لم يتميز بعد حيث يظهر فى الأسابيع الأولى من حياة الجنين **embryonic life**، وعادة ما يتكون هذا النسيج من خلايا ميزنكيمية **mesenchymal cells** بينها كمية من المادة بين الخلوية والتى تحتوى على كمية ضئيلة من الليفات الدقيقة **fine fibrils**.

٢- النسيج الضام المخاطى Mucous connective tissue

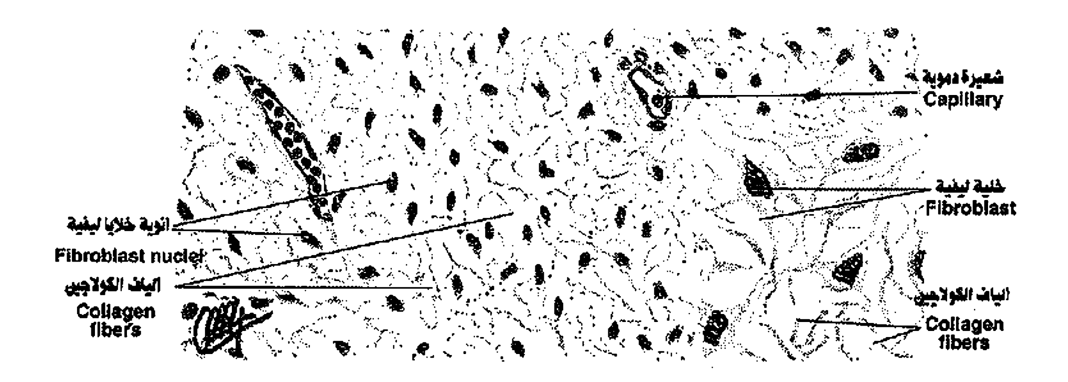
يوجد هذا النسيج فى الحبل السرى **umbilical cord** وهو يحتوى على خلايا ليفية كبيرة نجمية الشكل مع عدد قليل من الخلايا الأكولة، والمادة الخلالية تكون رقيقة وتحتوى على شبكة من ألياف بيضاء دقيقة **fine collagenous fibers** (شكل ٢- ٤).

٣- النسيج الضام الخلالى Areolar connective tissue

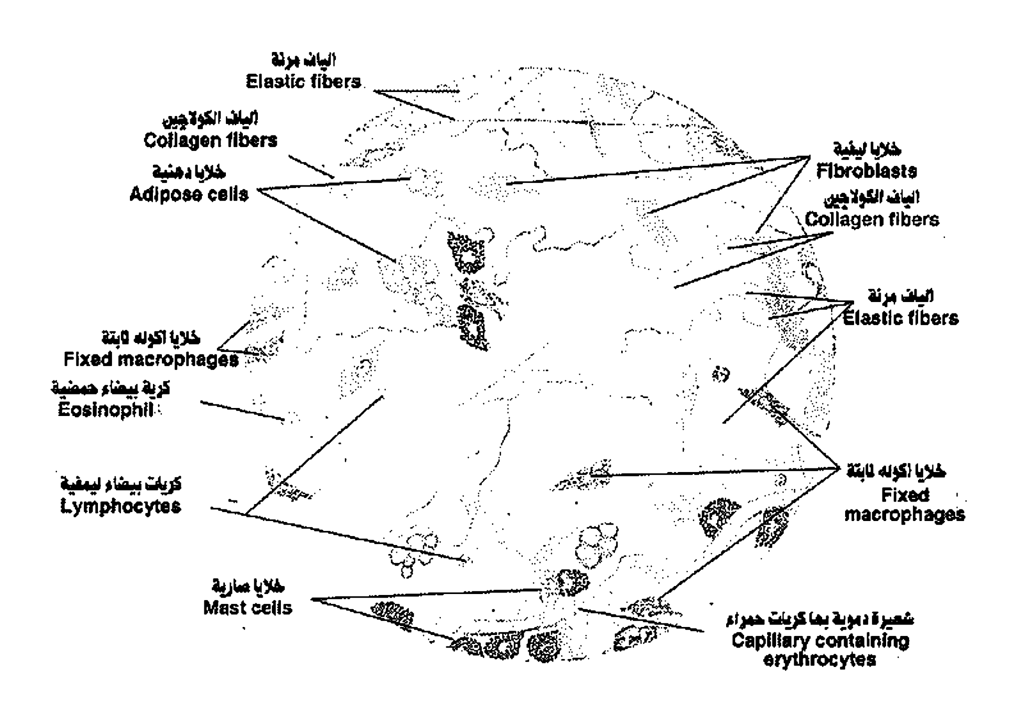
هذا النسيج من أكثر الأنسجة الضامة انتشارا فى الجسم ويتميز بأن له درجة كبيرة من المرونة وعادة ما يربط بين العديد من الأنسجة الأخرى، وأيضا بين الأعضاء المختلفة. هذا بالإضافة إلى وجوده فى منطقة الأدمة فى الجلد وبين العضلات؛ ولذا فيمكن دراسته معمليا فى قطاعات عديدة مأخوذة فى أعضاء مختلفة وكذلك فى تحضيرات لنسيج تحت الجلد **subcutaneous tissue** وأيضا المساريقا **mesentery** (شكل ٢ - ٥).

٤- النسيج الضام الدهنى Adipose connective tissue

يشتمل هذا النسيج على خلايا دهنية **fat cells** كثيرة. تتميز الخلية الدهنية بامتلائها بالدهن على حساب السيتوبلازم؛ ولذا تكون النواة صغيرة وتقع بالقرب من السطح الخارجى للخلية. وفى جسم الإنسان يوجد هذا النسيج فى الأماكن التى يتراكم فيها الدهن مثل أنسجة تحت الجلد، وفى نخاع العظم **bone marrow** وحول الكليتين **around the kidneys**. ويلعب هذا النسيج دورا هاما كطبقة عازلة لمنع فقدان أو اكتساب الحرارة الزائدة.



شكل (٢ ـ ٤) نسيج ضام مخاطى
Mucous connective tissue

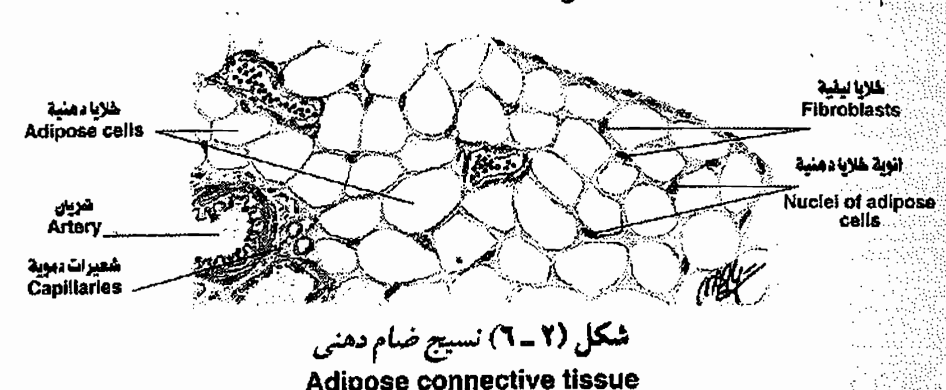


شكل (٢ ـ ٥) نسيج ضام خلالى
Areolar connective tissue

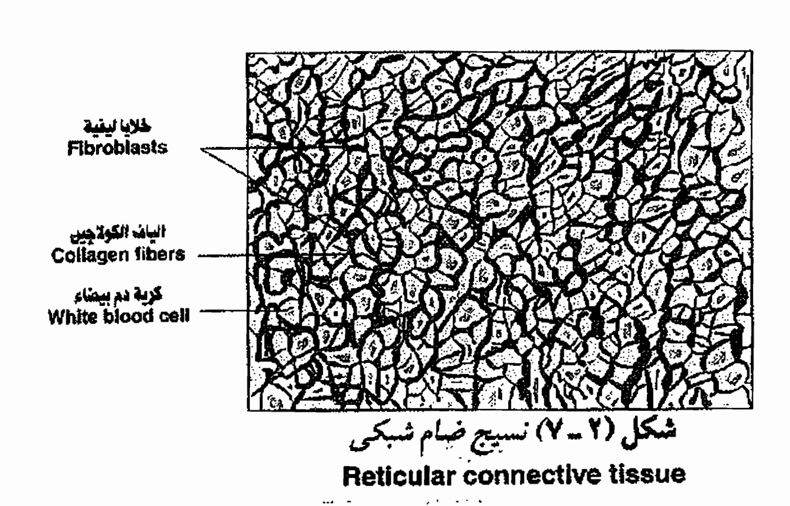
وهنا تجدر الإشارة إلى وجود نوع خاص من النسيج الضام الدهنى يسمى النسيج الضام الدهنى البنى **brown adipose connective tissue** وهذا النوع شائع الوجود فى الحيوانات الثديية التى تقوم بعملية البيات الشتوى **hibernation**، وفى الإنسان يوجد هذا النسيج الدهنى فى الجنين **foetus** وفى مرحلة الطفولة **childhood**. ويتميز هذا النسيج بأنه غنى بالشعيرات الدموية ويحتوى أيضا على صبغ **pigment** هو الذى يسبب اكتساب هذا النسيج اللون البنى (شكل ٢- ٦).

٥- النسيج الضام الشبكى Reticular connective tissue

يتميز هذا النوع من الأنسجة الضامة بوجود العديد من الألياف الشبكية والتى تكون متصلة بالخلايا النجمية؛ ولذا يبدو النسيج فى الشكل الشبكى. ويكوّن هذا النسيج الطبقة المحيطة **framework** للأعضاء الليمفية **lymphoid organs** ونخاع العظم وأيضا الكبد والطحال (شكل ٢-٧).



شكل (٢ ـ ٦) نسيج ضام دهنى
Adipose connective tissue



شكل (٢ ـ ٧) نسيج ضام شبكى
Reticular connective tissue

الأنسجة الضامة الكثيفة Dense connective tissues

تتميز هذه الأنسجة بكثافة الألياف مع قلة عدد الخلايا، ومن هنا يمكن القول أن الفرق الأساسى بين الأنسجة الضامة الكثيفة والمفككة هو فى نسبة الخلايا إلى الألياف حيث تحتوى الأنسجة الكثيفة على ألياف كثيرة مقارنة بالأنسجة المفككة، ويمكن تمييز نوعين من الأنسجة الضامة الكثيفة:

- أنسجة ضامة كثيفة غير منتظمة **irregularly arranged**
- أنسجة ضامة كثيفة منتظمة **regularly arranged**

١ - الأنسجة الضامة الكثيفة غير المنتظمة

Dense irregularly arranged connective tissues

هذه الأنسجة تحتوى على ألياف كثيفة غير منتظمة الترتيب، ومن أمثلتها النسيج الضام الليفى الذى يحيط بالعظم ويعرف باسم الطبقة المحيطة بالعظم (غلاف العظم - سمحاق خارجى) **periosteum** وأيضا الطبقة المحيطة بالغضروف (غلاف الغضروف) **perichondrium** (شكل ٢- ٨).

٢- الأنسجة الضامة الكثيفة المنتظمة

Dense regularly arranged connective tissues

فى هذا النوع من الأنسجة الضامة تكون الألياف الكثيفة مرتبة بحيث تكون موازية لبعضها البعض وتوجد فى الأماكن التى تتحمل قوة الشد مع المرونة؛ ولذا فهذه الأنسجة توجد فى الأربطة **ligaments** (الرباط هو نسيج ضام كثيف يربط الأجزاء الهيكلية معا سواء العظام **bones** أو الغضاريف **cartilages**) وتوجد أيضا فى الأوتار **tendons** (الوتر هو نسيج ضام كثيف يربط العضلات معا أو يربط العضلة بجزء هيكلى سواء كان عظما أو غضروفًا) (شكل ٢- ٩).

الأنسجة الضامة المتخصصة Specialized connective tissues

يقصد بالأنسجة الضامة المتخصصة الأنسجة التى تكتسب صفة خاصة تميزها عن الأنسجة الضامة الأصلية مثل الغضاريف والعظام التى توجد فى صورة صلبة والدم الذى يوجد فى صورة سائلة. ومن هنا يمكن تقسيم الأنسجة الضامة المتخصصة إلى نوعين هما: الأنسجة الهيكلية **skeletal tissues** وهى تشمل الغضاريف **cartilage** والعظام **bone** والأنسجة الوعائية **vascular tissues** ويقصد بها الدم **blood** والليمف **lymph**. وهنا تجدر الإشارة إلى أن بعض الآراء تتجه الآن إلى دراسة الأنسجة الوعائية كنوع رئيسى منفصل عن الأنسجة الضامة إلا أنه ما زال البعض الآخر يعتبر هذا النوع من الأنسجة نوعا خاصا من الأنسجة الضامة.

أولا: الأنسجة الهيكلية (الغضاريف والعظام)

Skeletal tissues (Cartilage and bone)

* الغضاريف Cartilage

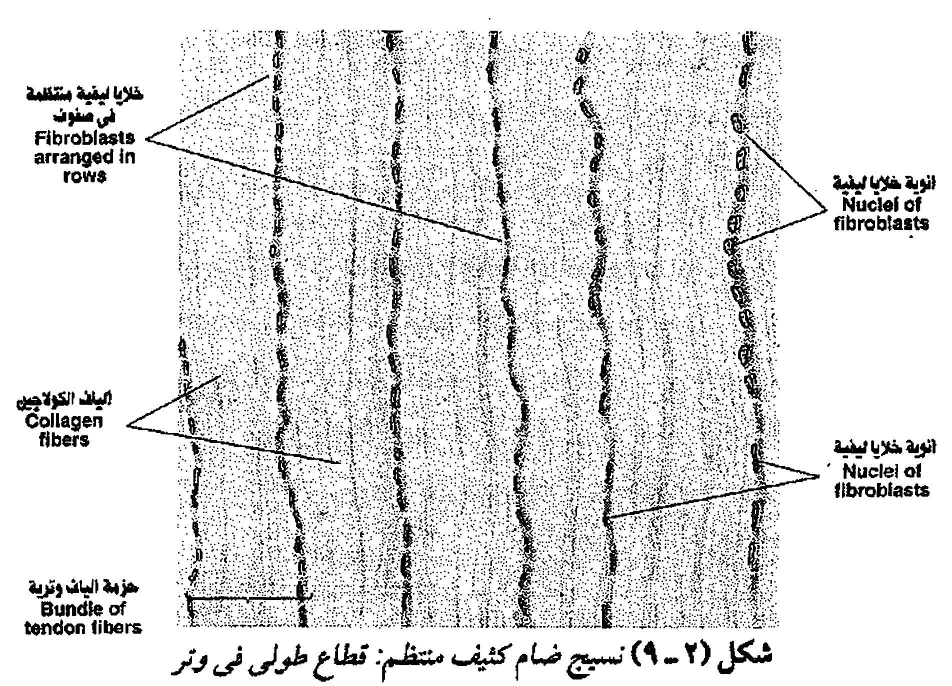
مما سبق يمكن تعريف الغضاريف بأنها أنسجة ضامة هيكلية ضمن الأنواع المتخصصة حيث توجد فى حالة صلبة ولكنها تتميز بمرونتها. والغضاريف تُكَوِّن الجزء الأكبر من الهيكل فى أجنة الحيوانات الفقارية وباكتمال نمو الجنين تتحول معظم أجزاء الهيكل الغضروفية إلى عظام ما عدا بعض الأجزاء التى تظل غضروفية مثل الحلقات الغضروفية فى القصبة الهوائية **trachea** وصيوان الأذن **ear pinna** والأنف **nose** وأيضا الأقراص الموجودة بين الفقرات **intervertebral discs**، وفى الالتحام العانى **symphysis pubis**، وفى الحزام الحوضى **pelvic girdle**.

ويتركب الغضروف من الخلايا الغضروفية الناضجة **chondrocytes** والتى توجد مطمورة فى المادة بين الخلوية **intercellular substance** وهذه المادة تحتوى أيضا على ألياف ويعرفان معا باسم المادة الخلالية **matrix**.



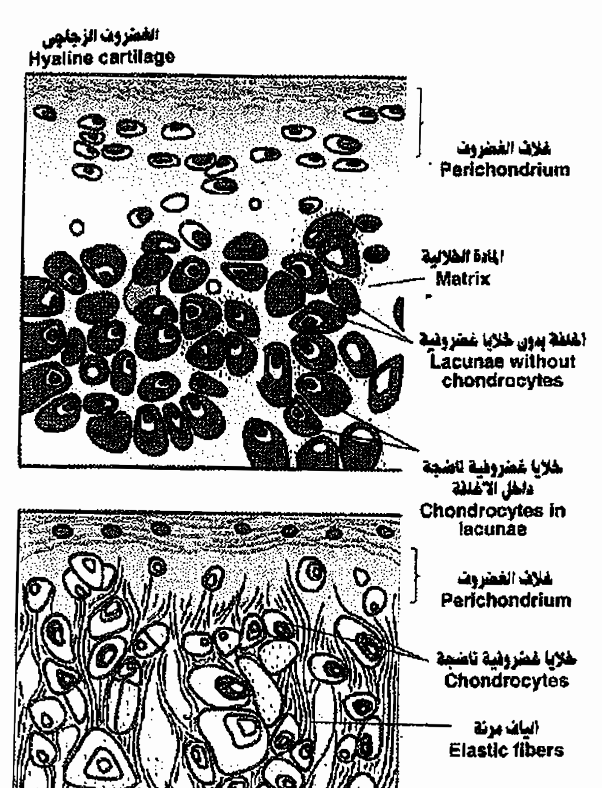
شكل (٢ ـ ٨) نسيج ضام كثيف غير منتظم

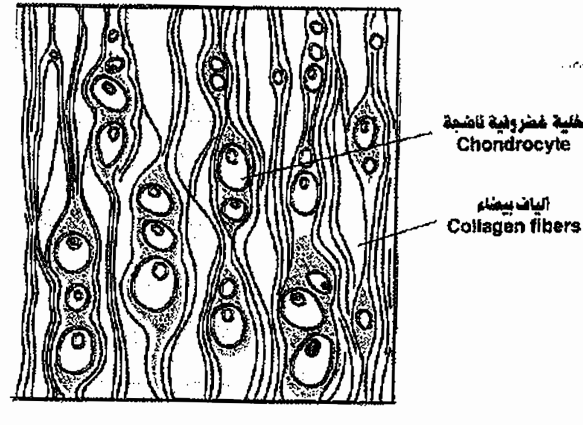
Dense irregular connective tissue



شكل (٢ ـ ٩) نسيج ضام كثيف منتظم: قطاع طولي في وتر

Dense regular connective tissue: tendon (longitudinal section).





شكل (٢ ـ ١٠) أنواع الغضاريف

Types of cartilage

نشــأة ونمو الغــضـــروف
Development and growth of cartilage

ينشأ الغـضروف مثل كل الأنواع الأخـرى من الأنسـجـة الضـامة من النسـيج الميزنكيـمى **mesenchyme** حـيث تتجـمع هذه الخلايا فى مجموعات وتبدأ فى تـكويـن المادة بـين الخلـوية الخاصة بالغضروف وعندئذ يُطلق على هذه الخـلايـا اسم الخـلايا البـــانـيـــة لــلغـــضـــروف **chondroblasts** والتى تبدأ فى تكوين اللـيـيـفـات البـيـضـاء **collagenous fibrils**. وباسـتـمرار انقـسـام هذه الخـلايا يزداد نمو الغضروف ثم تحاط كل خليـة أو مجمـوعة من الخـلايا بغـلاف **lacuna** أو مـحـفظة **capsule** من المادة بين الخلوية، وهنا يُطلق عـليـهـا اسم الخليـة الغــضـروفــيـــة الناضــجـــة **chondrocytes**. وعـادة مـا يُحـاط الغـضـروف بطبـقـة من النسـيج الضـام الكثـيف غـيـر منتظمة والتى تعرف باسم غلاف الغضروف **perichondrium**، وتمتاز هذه الطبقة باحتوائها على أوعـيـة دمـوية وهى التى تقـوم بإمـداد الخـلايا الـغـضـروفـيـة بالأكـسجين والعناصـر الغذائيـة بواسطة الانتشار **diffusion**.

وتتم عـملية نمو الغـضروف بطريقـتين: الأولى تعـرف باسم النمـو من داخل الغـضروف **interstitial (endogenous) growth**، وهذا يحـدث من خلال انقـسام خلايا الغضروف الناضـجة الصغيرة **young chondrocytes** والتى ما زال لها المقدرة على الانقـسـام، أمـا الطريقـة الثـانيـة فتـعـرف باسم النمـو من خـارج الغـضـروف **appositional (exogenous) growth**، حـيث يتم نمو الغضـروف بإضافـة طبقـات جديدة من الخـارج وذلك بانقسـام خلايا النسيج الضـام الذى يكوّن غلاف الغـضروف **perichondrium** ثم تتحول هذه الخلايا إلى خلايا بانية للغضروف **chondroblasts** والتى تساعد فى تكوين غضروف جديد.

وتقسم الغضـاريف طبقا لتركيب ونوع الأليـاف الموجود فى المادة بين الخلوية إلى ثلاثة أنواع (شكل ٢-١٠):

- الغضروف الزجاجى **hyaline cartilage**
- الغضروف المرن **elastic cartilage**
- الغضروف الليفى **fibro (fibrous) cartilage**

١- الغضروف الزجاجى: Hyaline cartilage

ويطلق عليه هذا الاسم لأن الألياف البيضاء التى توجد فى المادة بين الخلوية تكون قليلة نوعا ما وفى نفس الوقت تكون شفافة **translucent** وغير مرئية بالعين المجردة. وهذا النوع من الغضـروف يكَون الهيكل العظمى للجنين، ثم يتحول مـعظمه إلى عظام أثناء مراحل التطور الجنينى. ويظل الغضروف الزجاجى موجودا فى جسم الحيوان البالغ فى نهايات العديد من العظام الطويلة **long bones** كما يوجد فى الأنف وفى الحنجرة وفى الحلقات الغضروفـية المدعمة للقصبة الهوائية هذا بالإضـافة إلى وجوده فى نهايات الضلوع عند اتصالها بعظمة القص فى الحزام الصدرى **pectoral girdle**.

٢- الغضروف المرن Elastic cartilage

يوجد هذا النوع من الغـضاريف فى الأماكن التى تحتـاج إلى التدعيم **support** والمرونة **flexibility** فى نفس الوقت، وهو يشـبه الغضـروف الزجاجى إلا أنه يحـتوى على أليـاف صفـراء **elastic (yellow) fibers** لكى تعطيـه مـرونة أكـبـر. ويوجـد الغضروف المـرن فى صيوان الأذن **ear pinna** وفى الغضـروف المدعم لفتحـة المزمار والذى يعرف باسم لسان المزمار **epiglottis** (الفتحة الموصلة للقصبة الهوائية).

٣- الغضروف الليفي Fibrocartilage

يتميز هذا النوع من الغضاريف بوجود حـزم عديدة ومكثفة من الألياف البيضاء؛ ولذا فعـدد الخلايا يكون أقل مما هو مـوجود في النوعين السـابقين. ويوجد الغـضروف الليـفي في الالتحام الـعاني **symphysis pubis** الموجود في الحـزام الحوضي **pelvic girdle** وفي الأقراص بين فقرات العـمود الفقاري **intervertebral discs**. وكما هو معروف عندمـا يتآكل أو يتمزق أحـد هذه الأقراص فإنه يضغط على العـصب الشوكي القريب منه، وهذه الحالة تُسبب آلاما شـديدة قد تكون في العنق أو الظهر، أو في أحد الأطراف، وذلك تبعا للعصب المضغوط عليه وبالتالي تبعا لمكان القرص المصاب.

التغيرات التي تؤدي إلى تدهور حالة الغضروف

Retrogressive changes of cartilage

مع التقدم في العمر يبدأ الغضـروف في فقد الشفافية **translucensy** ويقل عدد الخـلايا وتنقص المادة بين الخلوية وتزيد ترسـيبـات المادة الزلالية بين الخـلايا. ومن أهم مظاهر تدهور الغـضروف هي عمليـة التكلس **calcification** وتحدث نـتيجـة ترسيب فوسـفات وكـربونات الكالسيـوم في المادة بين الخلوية ومن هنا يُصبح الغـضروف أكـثر صلابة وتقل بدرجة كبيرة عملية انتشار الأكسجين والمواد الغذائية إلى الخلايا وهذا يؤدى إلى موت معظمها.

* العظام Bone

العظام صورة أخـرى من الأنسجة الضامـة الهيكلية والتي توجد في حـالة صلبة وهي تُكوّن معظم الهيكل في الحيـوانات الفقارية العليا **higher vertebrates**. ونسيج العظم يشـتـمل على الخـلايا العـظمـيـة **bone cells** والمادة المنتـشـرة بين الخـلايا **intercellular matrix** والتي تتـمـيز باحـتـوائهـا على أليـاف الكولاچين البـيضـاء **collagenous fibers**. وهذه الألياف تمثل المحتـوى العضوى **organic component** في تركيب الـعظم حيث توجد بنسـبة ٣٥٪ تقـريبا من وزن العظام. أمـا المحتوى غـير العضوى **inorganic component** فيمثل تقـريبا ٦٥٪ من وزن العظام، ويترسب في المادة بين الخلوية فـيعطي العظام قوتهـا وصلابتـها. والأملاح غـير العضـوية في العظم تشـمل فوسـفات الكالسـيوم (حـوالي ٨٥٪ من وزن المادة غـير العـضوية) وكـربونات الكالسيوم (١٠٪) وكميات ضئيلة من فلوريد الكالسيوم وفلوريد الماغنسيوم.

الشكل العام للعظام General feature of bone

بفحص عظام الجسم بالعين المجردة **macroscopically** يمكن تمييز نوعين من العظام هما: العظم الإسفنجي **spongy (cancellous) bone**، والعظم الكثيف **compact (dense) bone**.

ويتميز العظم الإسفنجي باحتوائه على فراغات واسعة توجد بين حواجز عظمية متشابكة وهذه الفراغات تحتوى على نخاع العظم **bone marrow**، بينما يبدو العظم الكثيف أكثر صلابة، ومن هنا يمكن التمييز بينهما بدرجة الصلابة وحجم الثقوب أو الفراغات التي يحتويها العظم.

وكل عظام الجسم ما عدا أسطح التمفصل **articular surfaces** تكون محاطة بنسيج ضام كثيف غير منتظم يعرف باسم غلاف العظم الخارجي (حول عظمى - السمحاق الخارجي) **periosteum** ويوجد أيضا نسيج مشابه يُبطن فراغات وتجاويف نخاع العظم يسمى غلاف العظم الداخلي (السمحاق الداخلي) **endosteum**.

وعند فحص العظم باستخدام المجهر الضوئي **microscopically** فإن أهم مظاهر تركيب العظم هي أن المادة بين الخلوية **bone matrix** تكون مرتبة في طبقات تعرف باسم الصفائح العظمية **bone lamellae**، كذلك فإن الخلايا العظمية **osteocytes** تقع داخل تجاويف صغيرة تعرف باسم المحافظ **capsules** أو الفجوات **lacunae**. ولكل خلية عظمية زوائد عديدة تمتد في قنيات دقيقة **canaliculi** إلى الصفائح العظمية المجاورة. وتؤدى هذه القنيات وظيفة هامة لخلايا العظم حيث تُعتبر طريقًا لتوصيل العناصر الغذائية والأكسجين إلى الخلايا، كما تعمل أيضا كطريق عكسي لمرور نواتج الهدم من الخلايا إلى الأوردة الموجودة في القنوات الوسطية **central canals** المخترقة نسيج العظم.

تصنيف العظام Classification of bones

يوجد في الجسم عدة مجاميع من العظام تصنف على حسب الشكل إلى:

١- العظام القصيرة Short bones

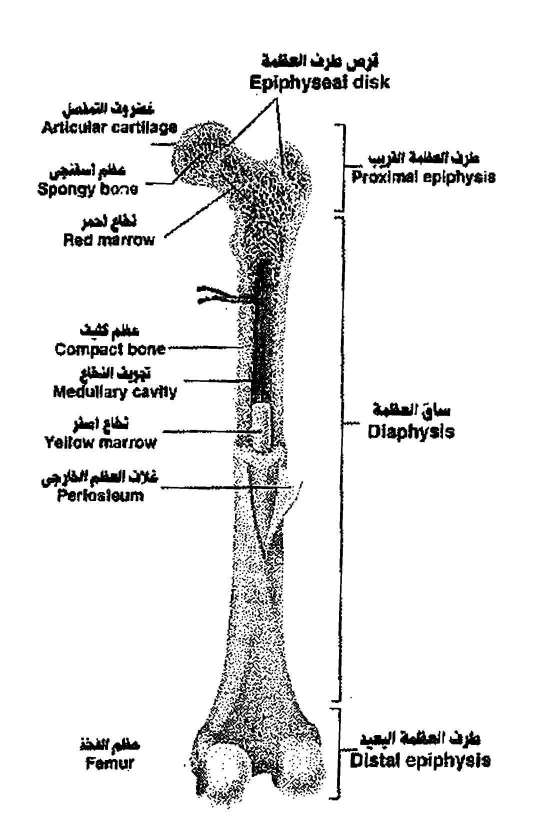
هذه العظام عادة ما تكون مكعبة الشكل وتحتوى على عظام إسفنجية مغطاة بالعظم الكثيف ومن أمثلتها عظام رسغ اليد **wrist** ورسغ القدم أو الكاحل **ankle**.

٢- العظام المفلطحة Flat bones

تتميز هذه العظام بأنها رقيقة وتتكون من طبقتين من العظم الكثيف تحصران بينهما طبقة من العظم الإسفنجي ومن أمثلتها عظام الضلوع ribs.

٣- العظام الطويلة Long bones

هذه المجموعة تشتمل على العظام التى تكون أسطوانية الشكل cylindrical shape إلى حد ما. وتتكون العظام الطويلة من ساق العظمة shaft (diaphysis) وعادة تتكون من عظم كثيف يحيط بالتجويف المحتوى على نخاع العظم medullary cavity (bone marrow cavity) وكل من طرفى العظمة (كردوس العظمة) epiphysis يحتوى على عظم إسفنجي مغطى بعظم كثيف (شكل ٢- ١١).



شكل (٢ ـ ١١) تركيب العظم الطويل
Structure of a long bone

٤- العظام غير المنتظمة

Irregular bones:

هذه العظام غير منتظمة الشكل وتختلف عن أشكال العظام التى سبق ذكرها وتحتوى أيضا على عظم إسفنجي مغطى بعظم كثيف، ومن أمثلتها العظام التى تكون الفقرات vertebrae وعديد من عظام الجمجمة skull.

خلايا العظم Bone cells

يوجد فى الأنسجة العظمية ثلاثة أنواع من الخلايا وهى المعروفة باسم:

- الخلايا البانية للعظم **osteoblasts**

- الخلايا العظمية الناضجة **osteocytes**

- الخلايا الهادمة للعظم **osteoclasts**

١ - الخلايا البانية للعظم Osteoblasts

هذه الخلايا تكون مرتبطة بتكوين نسيج العظم؛ ولذلك توجد عادة على أسطح العظام حيث تترسب المادة بين الخلوية للعظام، وهذه الخلايا تختلف فى الشكل حيث يكون بعضها مكعبا والبعض الآخر هرميا، وعادة ما تحتوى على نواة كبيرة والسيتوبلازم به حبيبات دقيقة تكون مرتبطة بتكوين وترسيب المادة بين الخلوية.

٢- الخلايا العظمية الناضجة Osteocytes

كما أشرنا سابقا فإن هذه الخلايا تكون مغلفة داخل محافظ أو فجوات **lacunae** ولكل خلية زوائد عديدة تمتد فى قنيات دقيقة تساعد على تبادل المواد بين الخلايا وتيار الدم الذى يغذى نسيج العظم.

٣- الخلايا الهادمة للعظم Osteoclasts

وهى خلايا كبيرة الحجم متعددة الأنوية **multinucleated giant cells** توجد مرتبطة بسطح العظم. والخلايا الهادمة مرتبطة بتحلل العظم وامتصاصه **resorption of bone** فعند انخفاض تركيز الكالسيوم فى الدم يزداد إفراز هرمون الغدة الجاردرقية **parathyroid hormone** والذى ينُشط الخلايا الهادمة للعظم التى تعمل على هدم العظم، مما يؤدى إلى تحلل أملاح الكالسيوم وارتفاع مستوى أيوناته فى الدم، ومتى يصل تركيز الكالسيوم فى الدم إلى المعدل الطبيعى تصبح الخلايا الهادمة للعظم غير نشطة ويختفى تأثيرها (راجع الفصل الخاص بالغدد الصماء ودور كل من الغدة الجاردرقية والغدة الدرقية فى الاتزان الداخلى **homeostasis** لأيونات الكالسيوم فى الدم).

التركيب البنائى للعظم Architecture of bone

١ - غلاف العظم الخارجى Periosteum

غلاف العظم أو ما يعرف باسم النسيج حول العظم عبارة عن نسيج ضام كثيف غير منتظم يغطى معظم العظام فيما عدا أسطح التمفصل **articular surfaces**. وهذه الطبقة من النسيج الضام تحتوى على أوعية دموية **blood vessels** تساعد فى إمداد خلايا العظم بالعناصر الغذائية والأكسجين.

٢- العظم الكثيف Compact bone

أ - الصفائح حول العظم الخارجية والداخلية

Periosteal and endosteal lamellae

وهى عبارة عن مجموعة من الصفائح العظمية المتوازية تقع تحت كل من غلاف العظم الخارجى **periosteum** وأيضا النسيج المحيط بالعظم الداخلى **endosteum** ويمتد من هذه الصفائح قنوات ڤولكمان **Volkmann canals** التى تخترق وتتصل بالقنوات الهاڤرسية **Haversian canals**. وهذه القنوات الأخيرة تحتوى على أوعية دموية وليمفية **blood and lymph vessels** وأعصاب **nerves** وهى قنوات مركزية **central canals** داخل ما يعرف باسم المجاميع الهاڤرسية.

ب- المجاميع الهاڤرسية Haversian systems

هذه المجاميع الهاڤرسية توجد فقط فى العظم الكثيف. وكل مجموعة هاڤرسية تتكون من قناة هاڤرسية فى المنتصف محاطة بعدد من الصفائح متحدة المركز **concentric lamellae**، وهذه الصفائح تتكون من المادة العظمية البينية (عددها من ٨-١٥ صفيحة) والخلايا العظمية **osteocytes**، والتى تترتب فى دوائر بين هذه الصفائح. وكما سبق ذكره فإن الخلايا العظمية لها زوائد عديدة تمتد فى قنيات دقيقة **canaliculi** تعمل على اتصال الخلايا العظمية ببعضها البعض، وتعمل أيضا على اتصال الخلايا بالقنوات الهاڤرسية المركزية. أيضا توجد قنوات تعمل على اتصال القنوات الهاڤرسية مع بعضها وتسمى وصلات بين هاڤرسية **interhaversian connections**، ومن هنا يكون نسيج العظم وحدة واحدة.

جـ- الصفائح البينية Interstitial lamellae

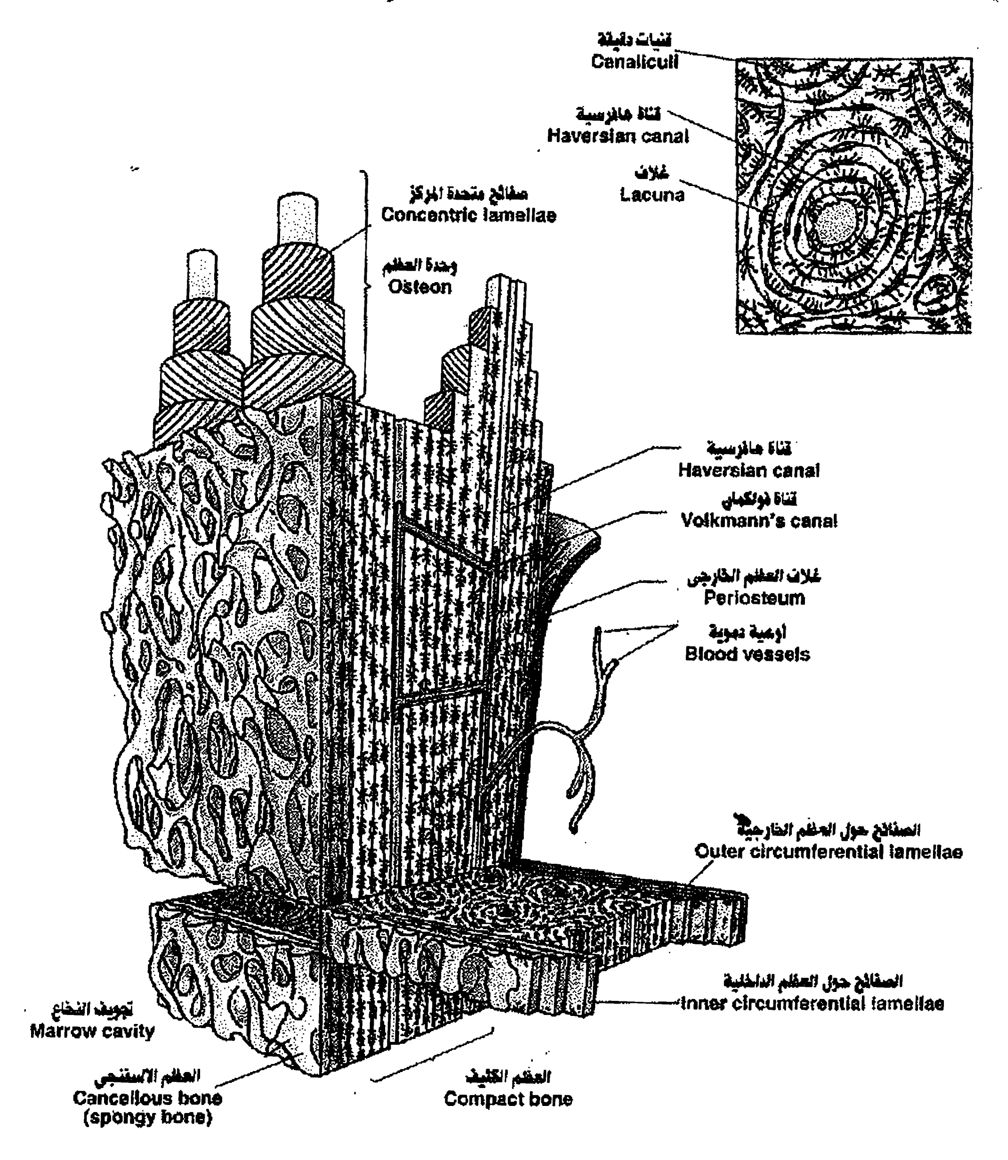
هى مجاميع من الصفائح تملأ الفراغات بين المجاميع الهاڤرسية.

٣- العظم الإسفنجى Spongy bone

العظم الإسفنجى بسيط التركيب مقارنة بالعظم الكثيف، وهو عبارة عن حواجز عظمية تحتوى على عدد من الصفائح العظمية وتنغمس فيها الخلايا العظمية داخل المحافظ وتكون متصلة مع بعضها بالقنيات الدقيقة كما يملأ الفراغات في العظم الإسفنجى نخاع العظم **bone marrow**.

٤ - غلاف العظم الداخلى Endosteum

هذا الغلاف عبارة عن طبقة رقيقة تُبطن فراغات نخاع العظم **marrow cavities** وهو يشبه غلاف العظم الخارجي فى كونه نسيجا ضاما كثيفا غير منتظم (شكل ٢-١٢).



شكل (٢ - ١٢) التركيب البنائى للعظم
Architecture of bone

ثانيا: الأنسجة الوعائية Vascular tissues

يُقصد بالأنسجة الوعائية تلك الأنسجة التى تنشأ من الميزودرم وحيث إن المادة بين الخلوية موجودة فى صورة سائلة؛ لذا فلابد من احتوائها داخل أوعية، وعلى ذلك تعتبر هذه الأنسجة أحد أنواع الأنسجة الضامة المتخصصة وهى تشتمل على الدم **blood** والليمف **lymph**.

❋ الدم Blood

يُكون الدم حوالى ٧٪ من وزن الجسم ويتألف من:

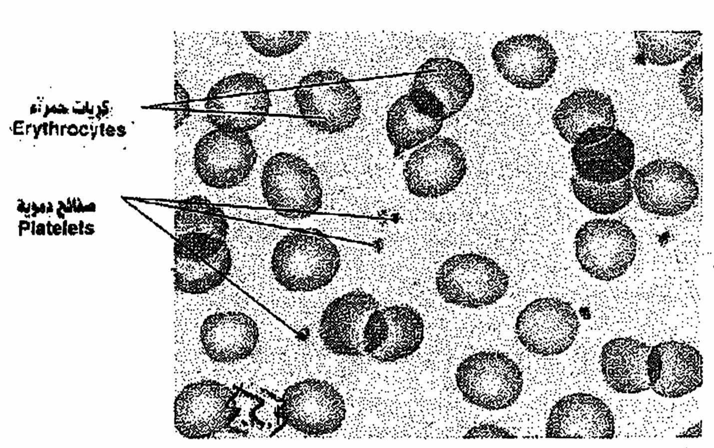
(١) خلايا الدم **blood cells** والتى تعرف أيضا باسم العناصر المكونة **formed elements** وهى تمثل حوالى ٤٥٪ من حجم الدم.

(٢) السائل خارج الخلايا والذى يُعرف باسم بلازما الدم **blood plasma** ويمثل حوالى ٥٥٪ من حجم الدم.

خلايا الدم Blood cells (العناصر المكونة Formed elements)

يشتمل الدم على ثلاثة أنواع من الخلايا هى:

- كريات الدم الحمراء **erythrocytes** وتسمى أيضا خلايا الدم الحمراء **red blood cells (RBCs)**.



شكل (٢ ـ ١٣) كريات حمراء وصفائح دموية
Erythrocytes and platelets

- كريات الدم البيضاء **leukocytes** وتسمى أيضا خلايا الدم البيضاء **white blood cells (WBCs)**.

- الصفائح الدموية **blood platelets**.

كريات الدم الحمراء **Erythrocytes (Red blood corpuscles)**

كريات الدم الحمراء في الثدييات مستديرة ولا تحتوى على أنوية وقطرها حوالى ٨,٥ ميكرون. وكرية الدم الواحدة تكون صفراء اللون مائلة للاخضرار، أما مجموعة من الكريات فتبدو حمراء اللون والذى يُعزى لوجود الهيموجلوبين **haemoglobin**. وعدد الكريات الحمراء في الرجل يتراوح بين ٥-٥,٥ مليون في المليمتر المكعب من الدم، أما في الأنثى فيتراوح من ٤,٥ إلى ٥ مليون. وكريات الدم الحمراء تكون متساوية التركيز مع الأملاح الموجودة في البلازما. أما إذا وضعت فى محلول أعلى تركيزا فإنها تنكمش نتيجة فقد الماء وإذا وضعت في محلول أقل تركيزا فإنها تكتسب الماء من الوسط المحيط بها وتنتفخ، وقد تتمزق حيث تتحلل الكريات **haemolysis**. ويحدث نفس التأثير لو وضعت الكريات فى أى سائل يُذيب غشاءها كالإثير **ether** أو الكلوروفورم **chloroform** (شكل ٢-١٣).

وأهم ما يميز كريات الدم الحمراء هو احتواؤها على الهيموجلوبين وهو بروتين معقد موجود في صورة غروية **colloid** ويتكون من الجلوبين **globin** مرتبط مع جزء غير بروتينى يعرف بالهيم **haem** الذى يحتوى على ٤ ذرات من الحديد في صورة حديدوز **ferrous**. وجزيء الهيموجلوبين له المقدرة على الارتباط بأربع جزيئات من الأكسجين ولا يعتبر هذا الارتباط عملية أكسدة **oxidation** ولكن هو مجرد ارتباط متوقف على الضغط الجزئى للأكسجين فى الوسط الموجود فيه كريات الدم الحمراء، ومن هنا تسمى عملية ارتباط الأكسجين بالهيموجلوبين بالأكسجة **oxygenation**، وعلى ذلك فإن الوظيفة الأساسية لكريات الدم الحمراء هى وظيفة تنفسية حيث تعمل على نقل الأكسجين من الرئتين إلى الأنسجة وثانى أكسيد الكربون من الأنسجة إلى الرئتين (راجع الفصل الخاص بالتنفس).

وهنا تجدر الإشارة إلى أن كريات الدم الحمراء تنشأ من الخلايا الجذعية **stem cells** في نخاع العظم الأحمر. ويتراوح عمر الكرية الحمراء بين ١٠٠-١٢٠ يومًا، ويتم التخلص من الكريات الهرمة (الشائخة) **aging cells** في الطحال **spleen** والكبد **liver**، حيث ينفصل الجزء البروتينى من الهيموجلوبين لكى يستفيد منه الجسم ثم

ينفصل الحديد الذى يُخزن فى خلايا الكبد ويُستفاد منه فى تكوين كسريات دم حمراء جديدة والباقى من جزء الهيم بعد انفصال الحديد يستخدم بواسطة خلايا الكبد لتكوين عصارة الصفراء **bile** والتى يفرزها الكبد فى منطقة الأمعاء.

كريات الدم البيضاء **Leukocytes (White blood corpuscles)**

تتميز كريات الدم البيضاء باحتوائها على أنوية **nuclei** ويتراوح عددها بين ٥ إلى ١١,٠٠٠ كرية فى المليمتر المكعب من دم الإنسان البالغ. ويزيد هذا العدد فى دم الأطفال. ولو ارتفع عدد الكريات البيضاء عند الشخص البالغ عن ١٢,٠٠٠ فهذه حالة مرضية تعرف بزيادة كريات الدم البيضاء عن المعدل **leukocytosis** ونقص الكريات البيضاء يعرف بانخفاض الكريات البيضاء عن المعدل **leukopenia**.

أنواع كريات الدم البيضاء **Types of leukocytes**

يوجد نوعان أساسيان من الكريات البيضاء هما:

أولا- كريات الدم البيضاء المحببة **(granulocytes) granular leukocytes**

ثانيا- كريات الدم البيضاء عديمة الحبيبات (أو غير المحببة) **(agranulocytes) agranular leukocytes**

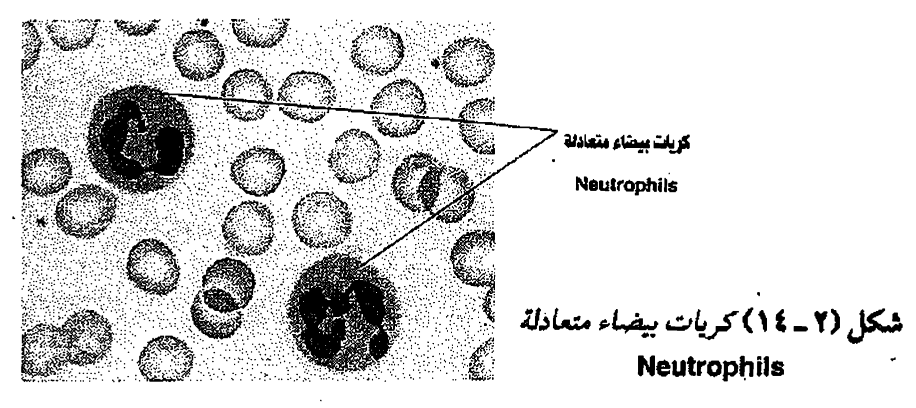
أولا كريات الدم البيضاء المحببة **Granular leukocytes**

يتميز هذا النوع من الكريات البيضاء باحتوائه على حبيبات وخاصة داخل سيتوبلازم الخلايا، ويعاد تقسيم هذه الكريات المحببة طبقا لشكل الأنوية والأس الهيدروچينى للصبغ الذى تصبغ به هذه الكريات إلى:

- كريات بيضاء متعادلة **neutrophils**
- كريات بيضاء حامضية **(eosinophils) acidophils**
- كريات بيضاء قاعدية **basophils**

١- الكريات البيضاء المتعادلة **Neutrophils**

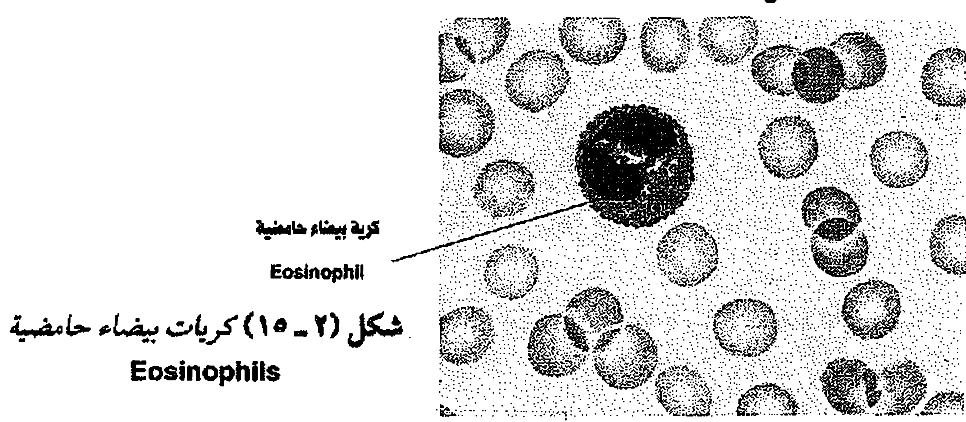
هى أكثر الكريات البيضاء شيوعا فى الدم حيث تصل نسبتها إلى ٦٥-٧٥٪ من العدد الكلى لكريات الدم البيضاء وحبيباتها تُصبغ عادة بالصبغ المتعادل ويتراوح قطرها بين ٧-٩ ميكرون، ونواة هذا النوع مفصصة إلى عدة فصوص ولها قدرة هائلة على مهاجمة الميكروبات وابتلاعها وهضمها حيث يوجد بداخلها الليسوسومات **lysosomes** التى تحتوى على الإنزيمات المحللة **lytic enzymes** (شكل ٢-١٤).



شكل (٢ ـ ١٤) كريات بيضاء متعادلة
Neutrophils

٢- الكريات البيضاء الحامضية **Acidophils (Eosinophils)**

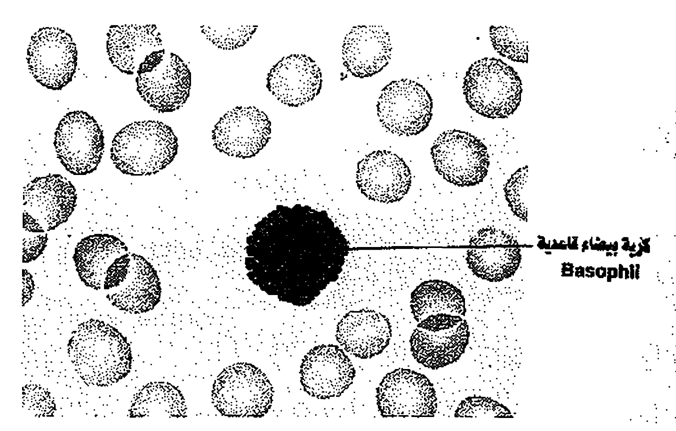
هذه الكريات أكبر حجما من الكريات المتعادلة إذ يتراوح قطرها بين ٩-١٠ ميكرون وتكوّن ما بين ٢ إلى ٤٪ من عدد الكريات البيضاء. والنواة عادة تتكون من فصين **bilobed** وحبيبات هذه الكريات تُصْبغ بالأصباغ الحامضية وتحتوى على بعض الإنزيمات مثل البيراكسيديز **peroxidase** وعدد من إنزيمات التحلل المائى **hydrolytic enzymes** (شكل ٢-١٥).



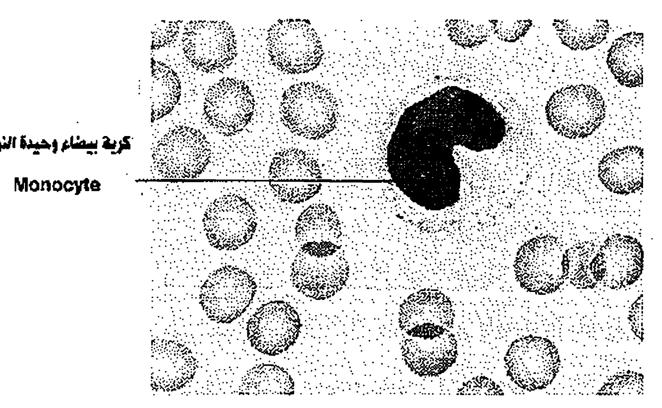
شكل (٢ ـ ١٥) كريات بيضاء حامضية
Eosinophils

٣- الكريات البيضاء القاعدية **Basophils**

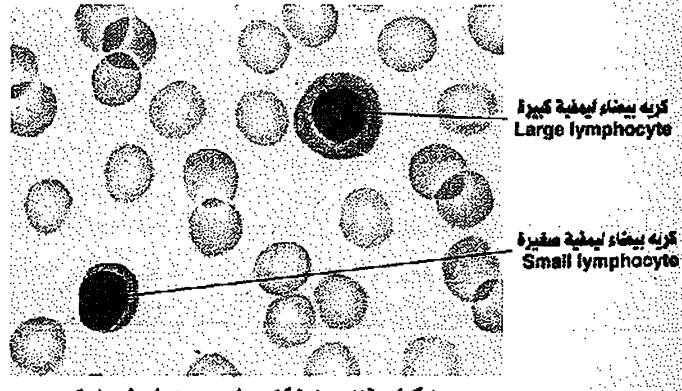
نسبة هذه الكريات ضئيلة جدا فى دم الإنسان حيث لا تزيد عن ٠,٥ إلى ١٪ وحجمها يشبه حجم الكريات البيضاء المتعادلة تقريبا والنواه تملأ أغلب حيز الخلية والحبيبات فى داخل السيتوبلازم تصبغ بالأصباغ القاعدية وتحتوى على مادتى الهستامين **histamine** والهيبارين **heparin** (شكل ٢-١٦).



شكل (٢ ـ ١٦) كريات بيضاء قاعدية
Basophils



شكل (٢ ـ ١٧) كريات بيضاء وحيدة النواة
Monocytes



شكل (٢ ـ ١٨) كريات بيضاء ليمفية
Lymphocytes

ثانيا كريات الدم البيضاء غير المحببة Agranular leukocytes

يتميز هذا النوع من الكريات البيضاء بعدم وضوح حبيبات داخل سيتوبلازم الخلايا في التحضيرات المعملية؛ لذا سميت بهذا الاسم ويوجد منها نوعان هما:

- الكريات وحيدة النواة **monocytes**
- الكريات الليمفية **lymphocytes**

١- الكريات وحيدة النواة Monocytes

هذه الكريات كبيرة الحجم نسبيا حيث يصل قطرها إلى حوالى ٢٠ ميكرونا وقد يزيد عن ذلك، ونسبتها تتراوح بين ٣-٨٪ من العدد الكلي للكريات البيضاء. وتتميز نواتها بأنها كلوية الشكل **kidney-shaped**، وفي بعض الأحيان تظهر النواة على شكل حدوة الحصان **horseshoe-shaped** (شكل ٢-١٧).

٢- الكريات الليمفية Lymphocytes

تُكوّن هذه الكريات حوالى ٢٠-٣٥٪ من العدد الكلى لكريات الدم البيضاء وتتميز بكبر حجم النواة وذلك على حساب السيتوبلازم الذى يملأ حيزا صغيرا من الخلية، ويوجد نوعان من الكريات الليمفية هما: الكريات الليمفية التائية **T-lymphocytes** والكريات الليمفية البائية **B-lymphocytes** (شكل ٢-١٨).

وظائف كريات الدم البيضاء Functions of leukocytes

معظم وظائف كريات الدم البيضاء تكون خارج الجهاز الوعائى **vascular system** حيث إن لها القدرة على الحركة **movement** وبعضها لها المقدرة على الالتهام **phagocytosis**. ويمكن تلخيص وظائفها فى الآتى:

١- الكريات البيضاء المتعادلة وهى التى تُكوّن خط الدفاع الأول ضد أى كائنات تهاجم الجسم.

٢- بعض من الكريات البيضاء تحتوى على إنزيمات معينة مثل إنزيمات البيراكسيديز الموجودة فى الكريات البيضاء المحببة والإنزيمات المحللة للبروتينات **proteolytic enzymes** الموجودة فى الكريات البيضاء المتعادلة.

٣- يوجد فى كريات الدم البيضاء المتعادلة والكريات الحامضية ليسوسومات تساعد فى تحلل أى ميكروبات تبتلعها هذه الكريات البيضاء.

٤- من الثابت أن كريات الدم البيضاء القاعدية تطلق فى الدم مادتى الهستامين والهيبارين.

٥- كريات الدم البيضاء وحيدة النواة لها المقدرة على الحركة وأيضا الالتهام.

٦- الكريات البيضاء الليمفية بنوعيها تؤدى وظيفة هامة فى المناعة المكتسبة (انظر الاستجابة المناعية والجهاز المناعى).

الصفائح الدموية **Blood platelets**

الصفائح الدموية عديمة النواة ولا لون لها، ويتراوح قطرها بين ٢-٤ ميكرون، ومتوسط عددها بين ٢٠٠,٠٠٠ و ٣٠٠,٠٠٠ فى المليمتر المكعب من الدم. وقد أوضحت الدراسات أن شكلها قد يكون مستديرا أو بيضاويا كما أنها تحتوى بداخلها على أنيبوبات دقيقة **microtubules**، وأيضا يوجد فى السيتوبلازم حبيبات محتوية على مركبات الكاتيكول أمين **catecholamine**. وتنشأ الصفائح الدموية من خلايا خاصة فى نخاع العظم الأحمر، وتلعب دوراً هامًا فى عملية إيقاف النزيف **haemostasis** عند حدوث جرح وذلك بالطرق التالية:

١- تلتصق الصفائح الدموية بالأماكن المجروحة من الوعاء الدموى وبذلك تكون ما يعرف باسم الجلطة البيضاء **white thrombus**.

٢- من الثابت أن الصفائح الدموية تُكوّن إنزيم الثرمبوبلاستين **thromboplastin** عند حدوث جرح، وهذا الإنزيم هام جدا لتكوين الجلطة لمنع النزيف وذلك من خلال المساعدة فى تحويل مادة البروثرومبين **prothrombin** إلى ثرومبين **thrombin** وهذا الأخير بدوره يساعد فى تحويل الفيبرينوچين **fibrinogen** إلى فيبرين الذى يُكوّن شبكة من الألياف تترسب فى مكان الجرح والسائل الأصفر الذى يتكون من البلازما بعد ترسيب الفيبرين يسمى فى هذه الحالة المصل **serum** (انظر كيفية تكوين الجلطة فى الفصل الخاص بالجهاز الدورى).

٣- يوجد فى الصفائح الدموية مادة السيروتونين **serotonin** التى تسبب انقباض العضلات الملساء **smooth muscles** فى الأوعية الدموية الصغيرة وهذا يقلل من عملية نزف الدم من الجرح.

بلازما الدم **Blood plasma**

البلازما هى سائل أصفر يحتوى على ٩٠٪ ماء مذاب فيه مواد عضوية وغير عضوية ومن أهم مكونات البلازما بروتينات الدم **blood proteins** وتصل نسبتها إلى

حوالى ٧٪ ومن أهمها الألبومين **albumin** والجلوبيولين **globulin** والفيبرينوجين **fibrinogen** والبروثرومبين **prothrombin**. وتحتوى البلازما أيضا على حوالى ٢٪ مواد غذائية ومن أهمها الجلوكوز والأحماض الأمينية والأحماض الدهنية والجليسرين، هذا بالإضافة إلى وجود الأملاح المتأينة بنسبة ١٪ تقريبا مثل كلوريد وكربونات الصوديوم وكلوريد وكربونات وكبريتات وفوسفات البوتاسيوم مع وجود عدد من الهرمونات وأيضا الغازات المذابة مثل الأكسجين وثانى أكسيد الكربون.

* الليمف **Lymph**

الليمف هو السائل الذى يتكون نتيجة ترشيح البلازما من جدار الشعيرات الدموية **blood capillaries**؛ لذا يؤدى دور الوسيط بين الدم والخلايا حيث يحمل الليمف الأكسجين والمواد الغذائية من الدم إلى الأنسجة، كما يحمل المواد الإخراجية من الأنسجة إلى الدم، ثم يتجمع مرة أخرى من أنسجة الجسم فى أوعية خاصة تسمى الأوعية الليمفية **lymph vessels** لكى يعود فى النهاية إلى الدورة الدموية. والليمف سائل خال من كريات الدم الحمراء؛ لذلك فهو عديم اللون (راجع الليمف والجهاز الليمفى فى الفصل الخاص بالجهاز الدورى).

فترة حياة كريات الدم **Life span of blood cells**

على عكس معظم خلايا الجسم فإن كريات الدم تعيش فترة وجيزة من الوقت، فالكريات الحمراء لا تعيش أكثر من ١٢٠ يوما، وبعد ذلك تقوم الخلايا الأكولة فى كل من الطحال والكبد بتخليص الجسم من هذه الكريات الهرمة **aging erythrocytes**. أما كريات الدم البيضاء فمن الصعب تحديد فترة حياتها حيث إنها تترك الأوعية الدموية وتدخل الفراغات الموجودة بين الأنسجة **tissue spaces** ولكن من الثابت أن كريات الدم البيضاء لا تمكث فى الدورة الدموية **blood circulation** أكثر من ٢٤ ساعة.

أما عن فترة حياة الصفائح الدموية فمن المعتقد أنها تعيش من ٤ إلى ٥ أيام حيث يتم التخلص منها بنفس طريقة الكريات الحمراء بواسطة الخلايا الأكولة الملتهمة **phagocytic macrophages** فى الطحال والكبد.

تكوين خلايا الدم **Haemopoiesis**

حيث إن خلايا الدم لا تعيش سوى فترة قصير؛ لذا فإنه يتم تكوين خلايا جديدة باستمرار وذلك للمحافظة على عددها ثابتا. ويتم ذلك فى أنسجة خاصة تسمى أنسجة

تكوين خلايا الدم **haemopoietic tissues**. وطبقـا لأماكن تكوين العناصـر المكونة **formed elements** فقـد قُسمت إلى مجـموعتين: المجـموعة الأولى تسـمى العناصر الليمفية **lymphoid elements**. ويقصدَ بها خلايـا الدم التى يتم تكوينها فى الأنسجة الليمفية **lymphoid tissues**، وهى كريات الدم البيضاء غيـر المحببة (الكريات وحيدة النواة والكريات الليمـفية). أمـا المجموعة الثـانية فتسـمى العناصرالنخاعـية **myeloid elements** وهى الخـلايا التـى يتم تكوينهـا فى نخـاع العظم الأحـمـر **red bone marrow**، وهى كـريات الدم الحمـراء وجمـيع أنواع كـريات الدم البيـضاء المحـببـة (الكريات المتعادلة والكريات الحامضية والكريات القاعدية) والصفائح الدموية.

ومن الثابت الآن أن كريات الدم البيضاء وحيدة النواة والكريات الليمفية تنشأ من خلايا أولية فى نخاع العظم.

النسيج النخاعى Myeloid tissue

يقـصد بالـنسيج النخـاعى مـا هو مـوجود فى التـجـاويف داخل العظام **bone cavities**، والذى يُطلق عليـه اسم نخـاع العظم **bone marrow**. وهو يمثل حـوالى ٤,٥٪ من وزن الجسم ويوجد نوعان من نخاع العظم فى جسم الإنسان أو الحيوان البالغ هما: نـخاع العظم الأحـمر **red bone marrow**، ونخـاع العظم الأصفـر **yellow bone marrow**. ويتم تكوين خـلايا الدم فى نخاع العظـم الأحمر فـقط، أما نـخاع العظم الأصفر فـهو يتكون أساسا من مادة دهنيـة؛ ولذا فليس له دور فى تكوين كريات الدم. ويوجد نخاع العظم الأحمر فى عظم القص **sternum** والضلوع **ribs** والفقرات **vertebrae** والجمجـمة **skull** وفى الأطراف القريبة **proximal epiphyses** لبعض العظام الطويلة **long bones**.

الاستجابة المناعية والجهاز المناعى The immune system

يقـصد بالجـهاز المـناعى كل التراكـيب **structures** والآليات **processes** التى تساعد فى الدفاع **defense** ضد الأجسام الغريبة التى تهاجم الجسم وأيضا ضد مسببات الأمراض **pathogens**. ومن هنا فإن وظيفة الجهـاز المناعى هى التعرف على كل ما هو غريب في الجسم ثم مهاجمته في محاولة للقضاء عليه وعلى ذلك فإن الجهاز المناعى لا يحتوي عـلى أعضاء **organs** مثل باقى أجـهزة الجسم ولكنه جهـاز وظيفى يتكون من بلايين عديدة من الخلايا.

وآليات الدفاع **defense mechanisms** يمكن تصنيفها فى مجموعتين:

المجموعة الأولى عبارة عن آليات تتم بواسطة تراكيب مورثة **inherited**؛ ولذا يتم تعريفها على أنها غير نوعية **nonspecific**. فالأغشية الطلائية **epithelial membranes** التي تغطى سطح الجسم الخارجى وأسطح عديدة داخلية تمنع إلى حد كبير من الإصابة بالعدوى من العديد من الأمراض. كما أن حامض الهيدروكلوريك الذى يُفرز فى العصارة المعدية **gastric juice** يساعد فى قتل العديد من الميكروبات التى قد تصل مع الغذاء أو الماء إلى الجهاز الهضمى، هذا بالإضافة إلى مقدرة أنواع من خلايا الجهاز المناعى على مهاجمة الميكروبات عن طريق الالتهام أو الابتلاع **phagocytosis** مثل الكريات البيضاء وحيدة النواة **monocytes** فى الدم والخلايا الأكولة **macrophages** فى الأنسجة الضامة. هذا بالإضافة إلى خلايا أخرى لها المقدرة على الالتهام أو الابتلاع، وتوجد فى أعضاء خاصة فى الجسم **organ-specific phagocytes** مثل الخلايا الموجودة فى الكبد وهى خلايا كُبْفَر **Küpffer cells**، وأيضا خلايا أخرى فى الطحال والعقد الليمفية والرئتين وخلايا الغراء العصبى الصغيرة **microglia** فى الدماغ.

المجموعة الثانية من آليات الدفاع تتم بواسطة كريات الدم البيضاء الليمفية **lymphocytes** حيث تؤدى دورًا هامًا ضد مسببات الأمراض. وهذا يتم بعد تعرض الجسم لهذه المسببات؛ ولذا تعرف باسم الاستجابة النوعية أو المكتسبة **specific or acquired immune response**.

معظم كريات الدم البيضاء الليمفية التى تتكون فى نخاع العظم تستقر فى الغدة الثيموسية **thymus gland** حيث تبدأ فى الانقسام لتكوين سلالات جديدة؛ ولذا تسمى الكريات الليمفية التائية **T lymphocytes** حيث اشتق اسمها من اسم الغدة الثيموسية، وهى عبارة عن غدة ليمفية تقع أعلى القلب، وأثناء النمو الجنينى يكتمل نمو الكريات الليمفية داخل هذه الغدة. وكثير من الكريات الليمفية التائية تترك الغدة الثيموسية بعد اكتمال نضجها لتستقر فى أعضاء أخرى مثل الطحال والعقد الليمفية. وتكون الكريات الليمفية التائية من ٦٥-٨٥٪ من الكريات الليمفية فى الدم، أما باقى الكريات الليمفية والتى لم تستقر فى الغدة الثيموسية فتعرف باسم الكريات الليمفية البائية **B lymphocytes**.

وكلا النوعين من الكريات الليمفية يؤديا وظيفة هامة فى المناعة المكتسبة فالكريات الليمفية التائية **T lymphocytes** لها مقدرة على التعرف على الأجسام الغريبة أو

الخلايا غير الطبيعية فى الجسم وتهاجمها وتقوم بتحطيمها وهذا ما يعرف باسم المناعة الخلوية **cell-mediated immunity**. أما الكريات الليمفية البائية فلها مقدرة على مهاجمة البكتيريا وبعض الفيروسات وذلك بواسطة تكوين أجسام مضادة **antibodies** تختلط مع سائل الدم أو الليمف؛ ولذا يسمى هذا النوع من المناعة مناعة خلطية **humoral immunity** وتعرف أيضا باسم مناعة من خلال تكوين جسم مضاد **antibody-mediated immunity**.

الحرب البيولوجية

الحرب البيولوجية تعنى إنتاج واستخدام السلاح البيولوچى مثل استعمال أسلحة سامة كالصواريخ المزودة برؤوس حربية بيولوچية أو استخدام الغازات السامة أو تسميم الطعام ومياه الشرب. والمركبات البيولوچية التى تستخدم فى الحروب عبارة عن جراثيم وفيروسات، وهى مركبات حية تتوالد وتتكاثر وتنتشر لتنشر العدوى. وهى إذا ما انتشرت فى وسط تضاعفت فيه ونمت بحيث يزداد خطرها مع مرور الوقت. ومن المركبات البيولوچية ما قد يكون مثبطا للهمة ومضعفا للقدرة، ومنها ما يحمل الموت. ففيروس الإيبولا **Ebola** مثلا يقتل نحو ٩٠٪ من ضحاياه خلال أسبوع واحد حيث يُحدث تهتكا للأنسجة الضامة بجسم المصاب وتحدث تشنجات لضحاياه فى المراحل الأخيرة من إصابتهم وليس للإيبولا دواء أو علاج ولا شفاء منه حتى الآن. كذلك بكتيريا الأنثراكس **Anthrax** من أهم الميكروبات التى يمكن أن تُستخدم فى الحروب البيولوچية حيث تسبب هذه البكتيريا مرضا معديا يُعرف باسم الجمرة الخبيثة، وهذا المرض عادة ما يصيب الحيوانات مثل الأغنام والجمال وآكلات الأعشاب الأخرى، ولكنه من الممكن أن ينتقل إلى الإنسان فى حالة تعرضه لحيوان مصاب أو أنسجة الحيوان المصاب، كما يوجد فى القرية التى يمكن أن يعيش فيها لسنوات طويلة.

وللمقارنة بين تأثير السلاحين البيولوچى والنووى فإنه برش ميكروب الجمرة الخبيثة من طائرة يمكن إصابة ٣ ملايين ضحية مقابل مليونى ضحية فقط بإلقاء قنبلة هيدروچينية. وتقدر التكلفة بدولار واحد باستخدام الحرب البيولوچية؛ لذلك يقال أن السلاح البيولوچى هو سلاح الفقراء والمجموعات الإرهابية.

ومن هنا يجب تدعيم وتعزيز الجهود لنزع السلاح البيولوچى؛ لأن من مشاكل الحرب البيولوچية عدم إمكانية حماية الكثير من السكان من هجوم بيولوچى. فاللقاحات قد تحمى من بعض الأمراض لكن مثل هذا الإجراء الوقائى يبقى عديم الفائدة ما لم يتم

مسبقا التعرف على العامل المسبب. كذلك فإن فاعلية المضادات الحيوية تقتصر على بعض أنواع الجراثيم أو بعض أنواع الأسلحة البيولوچية وليس عليها كلها. إضافة إلى ذلك فإن إمكانية انتشار مرض معد فى العالم ازدادت بوجود سلالات جديدة من الجراثيم وخاصة فى عصر التقنية الحيوية حيث يمكن هندسة جراثيم جديدة تكون اللقاحات والمضادات الحيوية عديمة الجدوى تجاهها.

ولحسن الحظ فإن معظم العوامل البيولوچية لا تستطيع التأثير فى الجلد السليم أو من خلاله، كذلك يمكن لأقنعة التنفس والملابس أن تُؤمّن حماية ملائمة لمعظم الناس. كما يمكن لهذا الخطر أن يتراجع بعد فترة قصيرة بسبب فساد هذه العوامل البيولوچية بأشعة الشمس وبحرارة الجو.

ويمكن تلخيص طرق الدفاع ضد الأسلحة البيولوچية فى النقاط التالية:

١- استخدام أنظمة الكشف عن العوامل البيولوچية والتى يمكن كشفها فى ظروف المعارك الحربية وفى غيرها.

٢- استخدام المضادات الحيوية وهى فعالة ضد بعض الجراثيم وليس ضدها كلها؛ لذا يجب أن يبدأ العلاج بالمضاد الحيوى عند التعرض لبعض الجراثيم خلال بضع ساعات من التعرض وقبل بدء ظهور الأعراض.

٣- استخدام التطعيم ويكون ضد عامل بيولوچى محدد.

٤- التطهير باستخدام المطهرات أو مبيدات الجراثيم.

٥- استعمال الكمامة أو القناع الغازى ويُنصح أيضا باستعمال رداء واق خارجى لحماية الجروح أو الجلد المخدوش، كما يمكن اللجوء إلى غرف مغلقة معزولة ولكن يصلها هواء نقى.

الفصل الخامس

الأنسجة العضلية

Muscular tissues

تنشأ الأنسجة العضلية من طبقة الميزودرم **mesoderm** أثناء نمو الجنين. ووظيفتها الأساسية هى إحداث الحركة سواء للجسم ككل أو لأجزاء الجسم بالنسبة لبعضها البعض. والنسيج العضلى يختلف عن باقى الأنسجة الأخرى فى الجسم فى قدرته على الانقباض **contraction** والانبساط **relaxation**؛ لذا فالأنسجة العضلية قابلة للإثارة **excitable**، وهذا الاختلاف أو التميز يشمل أيضا بعض الخصائص التركيبية والوظيفية لكل أنواع العضلات فى الجسم. فالنسيج العضلى يتكون من خلايا طويلة لذا تسمى بالألياف العضلية **muscle fibers** (الليفة **fiber** تناظر الخلية فى الأنسجة الأخرى). وتحتوى الألياف العضلية على خيوط سيتوبلازمية لها القدرة على الانقباض؛ ولذا تتميز العضلات بالمرونة **elasticity**. ويطلق على السيتوبلازم اسم السركوبلازم **sarcoplasm** وغلاف الخلية العضلية يسمى الصفيحة اللحمية **sarcolemma**. والعضلات جميعها تتميز باحتوائها على شبكة من الشعيرات الدموية التى تقوم بإمدادها بالأكسجين والمواد الغذائية كما تتصل بها نهايات الألياف العصبية التى تنقل إليها الإشارات العصبية.

وطبقا للوظيفة والتركيب والشكل وأيضا الموقع فى الجسم تقسم الأنسجة العضلية إلى ثلاثة أنواع هى:

- العضلات الملساء (الحشوية أو غير المخططة أو اللا إرادية)

smooth muscles (visceral, unstriated or involutary)

- العضلات الهيكلية (المخططة أو الإرادية)

skeletal muscles (striated or voluntary)

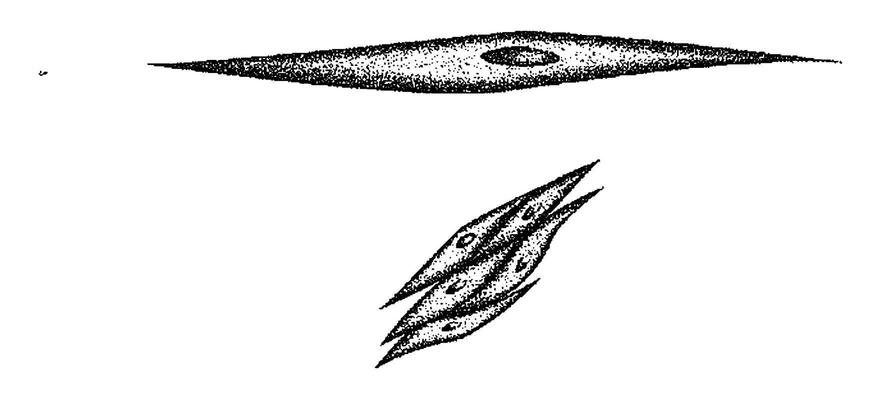
- عضلة القلب (اللاإرادية المخططة)

cardiac muscle (or striated involuntary)

١- العضلات الملساء Smooth muscles

معظم العضلات الملساء فى الجسم تنشأ أثناء التطور الجنينى من الخلايا الميزنكيمية **mesenchymal cells**، ولكونها تحت سيطرة الجهاز العصبى اللاإرادى **autonomic nervous system** والجهاز الهرمونى **hormonal system**؛ لذا فهى تُسمى أيضا

العضلات اللاإرادية **involuntary muscles** وألياف العضلات الملساء مغزلية الشكل مدببة الطرفين ويتراوح طولها بين ٠,٢ و ٠,٥ مليمتر وقطرها بين ٤ و ٧ ميكرون. وتحتوى بداخلها على لييفات عضلية **myofibrils** دقيقة جدا، والنواة بيضاوية أو أسطوانية الشكل وتقع في منتصف الليفة العضلية، والعضيات السيتوبلازمية قليلة وتكون قريبة من النواة. ولا تظهر بها أى تخطيطات ومن هنا تسمى أيضا العضلات غير المخططة (شكل ٢-١٩).



شكل (٢ ـ ١٩) *ألياف عضلة ملساء*
Fibers of smooth muscle

وتوجد ألياف العضلات الملساء منفردة أو فى مجموعات صغيرة. وهى منتشرة فى الأحشاء حيث تُكوِّن الجزء المنقبض من جدار القناة الهضمية **digestive tract** وقنوات الغدد الملحقة بالقناة الهضمية. ويوجد أيضا هذا النوع من العضلات فى الأجهزة التنفسية **respiratory** والبولية **urinary** والتناسلية **genital**. كذلك توجد هذه العضلات فى جدار الشرايين **arteries** والأوردة **veins** والأوعية الليمفية الكبيرة **large lymphatic vessels**. هذا بالإضافة إلى وجودها فى الأدمة **dermis** فى الجلد وفى القزحية **iris** والجسم الهدبى **ciliary body** فى العين.

ووظيفة العضلات الملساء تكون مرتبطة بالجزء الحشوى الموجودة فيه هذه العضلات. فمثلا فى القناة الهضمية تعمل على دفع الغذاء من البلعوم وعلى طول القناة الهضمية، كما تعمل على طرد الفضلات من فتحة الشرج. وفى جدار الرحم فإن انقباض هذه العضلات يساعد على خروج الجنين عند الولادة، وفى الأوعية الدموية تساعد على انسياب الدم **blood flow**.

٢- العضلات الهيكلية Skeletal muscles

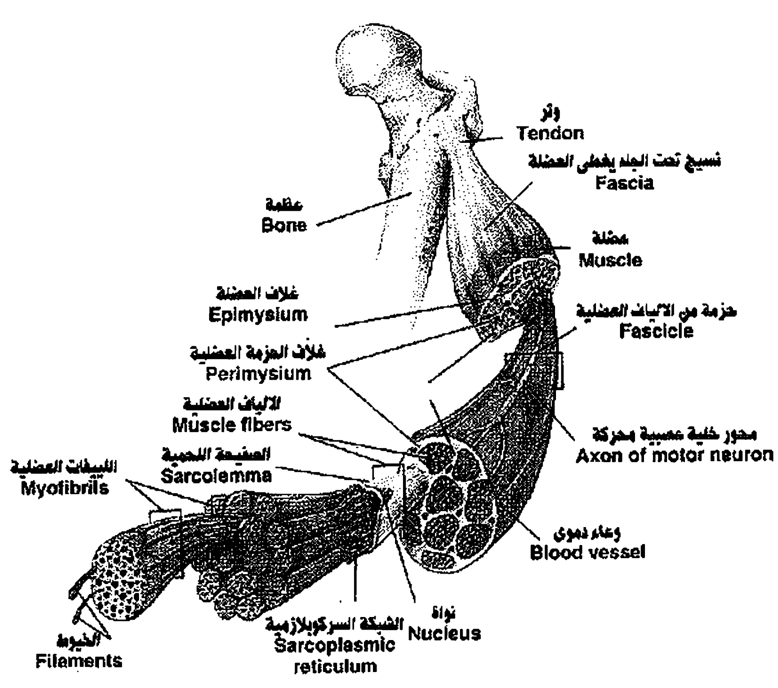
تنشأ العضلات الهيكلية من طبقة الميزودرم **mesoderm** أثناء نمو الجنين، وسميت هيكلية لأن معظمها يكون متصلا بالهيكل العظمى. وهى أكثر الأنسجة العضلية انتشارا فى الجسم. وألياف العضلات الهيكلية طويلة وأسطوانية الشكل وتحتوى كل ليفة عضلية على عديد من الأنوية تكون قريبة من الغلاف الخارجى.

تركيب العضلة الهيكلية Organization of the skeletal muscle

تُرتب الألياف العضلية فى العضلة الهيكلية فى حزم **bundles (fascicles)** حيث تكون كل حزمة محتوية على عدد من الألياف العضلية يفصل بينها نسيج ضام رقيق يسمى غلاف الليفة العضلية **endomysium**، أيضا تحاط كل حزمة من الألياف العضلية بنسيج ضام ليفى يسمى غلاف الحزمة **perimysium**. هذا بالإضافة إلى وجود غلاف سميك من النسيج الضام يحيط بالعضلة كلها يسمى غلاف العضلة **epimysium** (شكل ٢-٢٠).

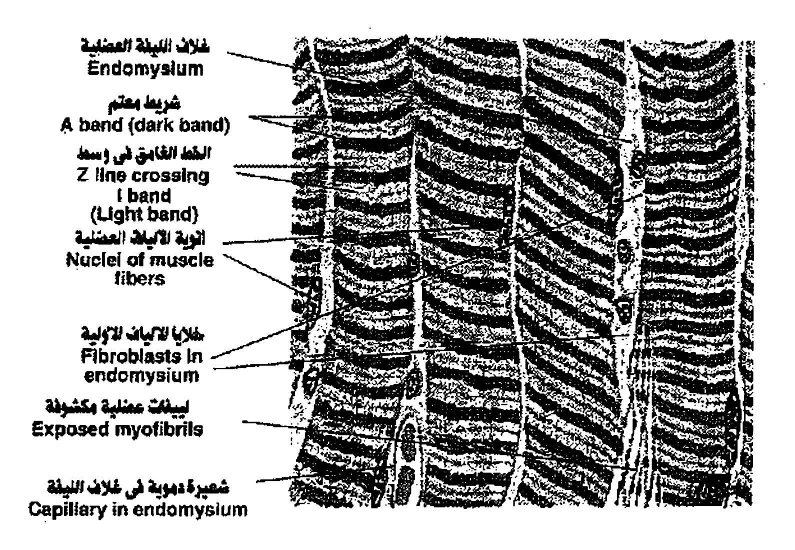
وعند دراسة الألياف العضلية فى قطاع طولى للعضلة الهيكلية باستخدام المجهر الضوئى **light microscope** تظهر خطوط أو أشرطة عرضية، وهى بالتبادل شريط معتم **dark band**، وشريط مضيء **light band**. ويسمى الشريط المعتم **A band** والشريط المضيء **I band** ويوجد فى منتصف الشريط المعتم منطقة باهتة تسمى **H zone**، وفى منتصف الشريط المضيء خط غامق يسمى **Z line** والمسافة بين خطين متتاليين من هذه الخطوط **(2Z lines)** تكون وحدة انقباض العضلة؛ ولذا تسمى القطعة العضلية **sarcomere** (شكل ٢-٢١).

ويوجد داخل السركوبلازم فى الليفة العضلية وحدات صغيرة من اللييفات العضلية **myofibrils**، ولقد أظهر المجهر الإلكترونى أنها عبارة عن نوعين من الخيوط سميت الخيوط العضلية **myofilaments** يختلفان فى الحجم والتركيب الكيميائى. أحدهما سميك **thick** ويتكون من بروتين يسمى الميوسين **myosin**، والآخر رفيع **thin** ويتكون من بروتين يسمى الأكتين **actin**. وأن الشرائط المعتمة تتكون من خيوط الميوسين مع جزء من خيوط الأكتين. أما الشرائط المضيئة فلا تحتوى إلا على خيوط الأكتين.



شكل (٢ ـ ٢٠) تركيب العضلة الهيكلية

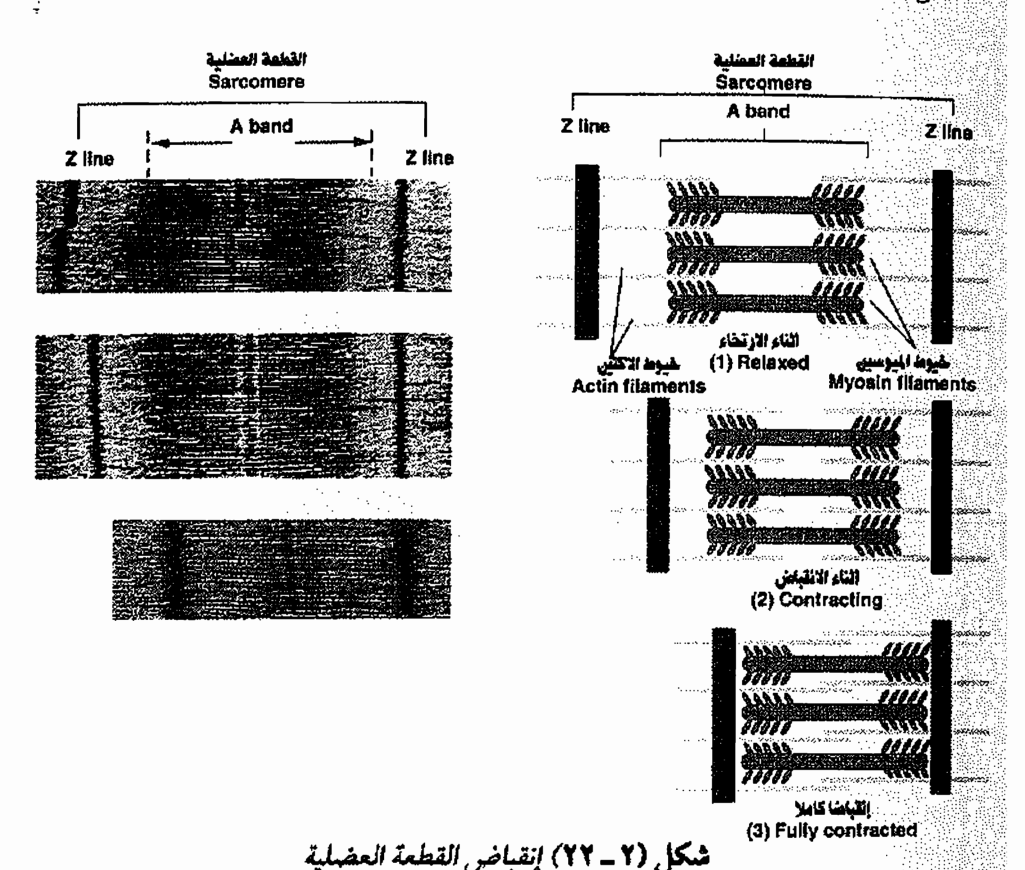
Structure of the skletetal muscle



شكل (٢ ـ ٢١) قطاع طولى فى عضلة هيكلية

Skeletal muscle (longitudinal section)

ونظرية تفسير عملية انقباض العضلات الهيكلية تسمى نظرية انزلاق الخيوط sliding filament theory. وهى تفترض أنه عند وصول الإشارة العصبية إلى الألياف العضلية يؤدى ذلك إلى انزلاق الخيوط البروتينية المكونة لليبفات العضلية (الميوسين والأكتين) الواحد فوق الآخر مما يسبب انقباض العضلة، وهذا يحتاج إلى استهلاك جزء من الطاقة ويعقب ذلك انبساط العضلة والذى يلزمه طاقة أيضا (شكل ٢-٢٢).



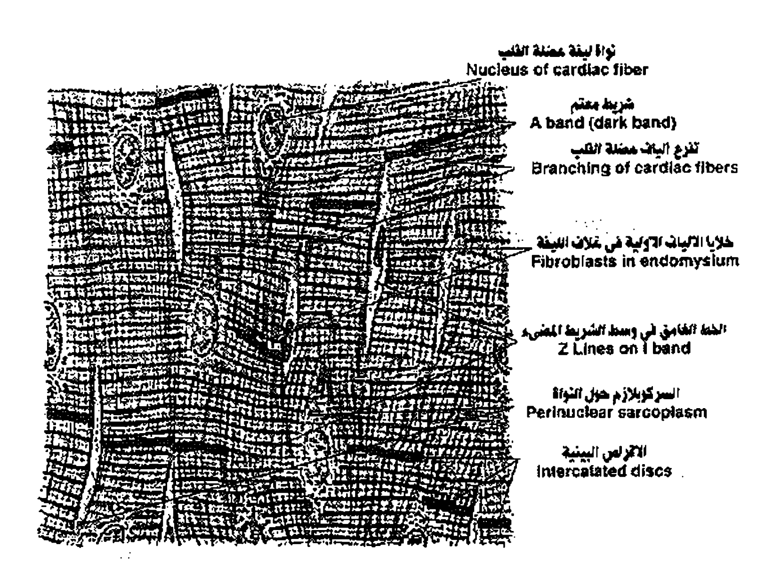
شكل (٢ ـ ٢٢) إنقباض القطعة العضلية

Contraction of a sarcomere

والجدير بالذكر أنه يوجد فى الجسم بعض العضلات المخططة ولا ترتبط بجزء من الهيكل مثل عضلة اللسان tongue فهى عضلة مخططة؛ ولذا لا يطلق عليها اسم عضلة هيكلية ولكن تسمى عضلة إرادية voluntary muscle. أيضا الجزء العلوى من جدار مرىء الإنسان يحتوى على عضلات مخططة وفى نفس الوقت فهذه العضلات غير مرتبطة بجزء من الهيكل وأيضا فهى عضلات لا إرادية.

٣- عضلة القلب Cardiac muscle

يوجد هذا النوع من الألياف العضلية فى جدار القلب فقط وهى تشبه فى تركيبها إلى حد كبير العضلات الهيكلية ولكنها لا إرادية وتشبه في ذلك العضلات الملساء ومن هنا يطلق عليها اسم العضلة المخططة اللا إرادية **striated involuntary muscle** (شكل ٢-٢٣).



شكل (٢ ـ ٢٣) *قطاع طولى فى عضلة القلب*
Cardiac muscle (longitudinal section)

- خصائص عضلة القلب Characteristics of cardiac muscle

١- الألياف العضلية أسطوانية ولكنها قصيرة مقارنة بألياف العضلة الهيكلية.

٢- الألياف متفرعة وتتصل الفروع ببعضها البعض؛ ولذا تبدو عضلة القلب كوحدة واحدة.

٣- الاتصالات بين الألياف العضلية تساعد على توصيل الإشارات العصبية إلى كل ألياف العضلة، وهذا يؤدى إلى أن عضلة القلب إما أن تنقبض أليافها جميعا أو لا تنقبض أى من الألياف على الإطلاق. وهذه الخاصية تعرف باسم قانون الكل أو العدم **all or non law**.

فعندما يُستثار جزء من عـضلة القلب فإن موجة الإثارة تنتشر بدون أى عائق إلى الأجزاء الأخـرى من العضلة، والسبب فى ذلك يرجع لوجـود جهاز خاص للتـوصيل داخل القلب يتكون من مجموعة من الأنسجة المتخصصة والتى تتميز بصفتين هما القدرة على تكوين إشارات عصـبية متعـاقبة وأيضًا القدرة عـلى توصيل هذه الإشارات. وهذه القدرة أعلى بكثير من قدرة العضلات القلبية (شكل٣-٢٨)

٤- الأنوية موجودة فى وسط الألياف العضلية أى يمكن القول بأنها مركزية.

٥- تظهر فى القطاع الطولى لعضلة القلب أجزاء يطلق عليها اسم الأقراص البينية **intercalated discs**، وهى تبدو كخطوط قاتمة **dark lines** وقد أوضحت الدراسات بالمجهـر الإلكترونى أن هذه الأقراص عـبارة عن أغشـية **membranes** تُوضح حدود الخلايا عند اتصال الألياف معها.

ويبين جدول (٢-١) مقـارنة بين خصائص كل من العضلات الملسـاء والعضلات الهيكلية وعضلة القلب.

جدول (٢-١) مقارنة بين أنواع العضلات الثلاثة

الصفة	العضلات الملساء	العضلات الهيكلية	عضلة القلب
شكل الألياف	- ملساء مغزلية الشكل.	- طويلة وأسطوانية الشكل.	- قصيرة وأسطوانية الشكل ومتفرعة.
النواة	- تحتوى الليفة على نواة واحدة.	- تحتوى الليفة على عديد من الانوية قريبة من الغلاف الخارجى.	- تحتوى الليفة على نواة واحدة فى المنتصف.
الأقراص البينية	- غير موجودة.	- غير موجودة.	- موجودة وتظهر فى القطاع الطولى.
مكان وجودها	- تبطن الاوعية الدموية والاحشاء.	- مرتبطة بالهيكل.	- تكون جدار القلب.
الأشرطة العرضية	- غير موجودة.	- موجودة.	- موجودة.
التحكم العصبى	- تحت سيطرة الجهاز العصبى اللإرادى ولذا تسمى عضلات لاإرادية.	- تحت سيطرة الجهاز العصبى الارادى ولذا تسمى عضلات إرادية.	- تحت سيطرة الجهاز العصبى اللإرادى ولذا تسمى عضلات لاإرادية.

الفصل السادس

الأنسجة العصبية

Nervous tissues

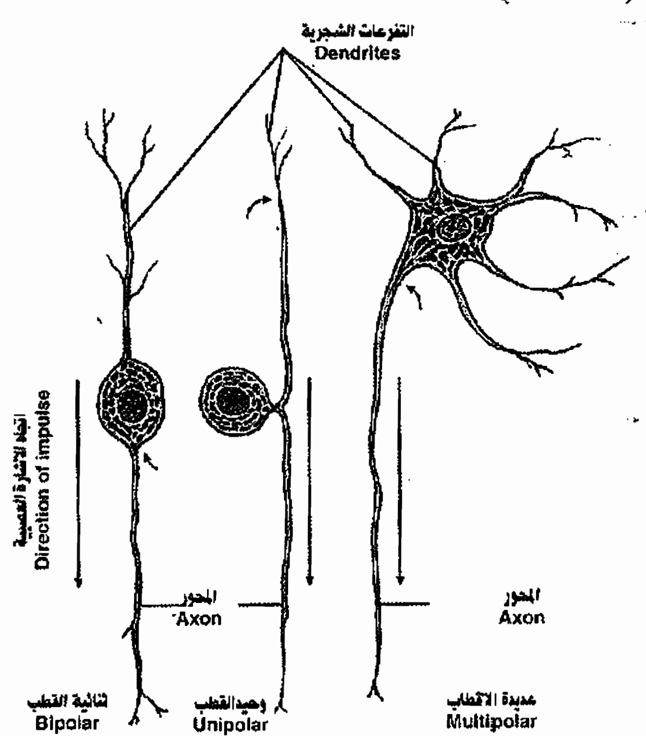
تنشأ الأنسجة العصبية من طبقة الأكتودرم أثناء التطور الجنيني وتكون الأنسجة العصبية الجهاز العصبي الذي يتألف من:

(١) الجهاز العصبي المركزي **central nervous system** وهو عبارة عن الدماغ **brain** والحبل الشوكي **spinal cord**.

(٢) الجهاز العصبي الطرفي **peripheral nervous system** الذي يشتمل على الأعصاب المتصلة بالدماغ والحبل الشوكي وأيضا العقد العصبية **ganglia**.

والأنسجة العصبية تتكون من الخلايا العصبية **nerve cells (neurons)** وخلايا نسيج الغراء العصبي **neuroglia**.

الخلايا العصبية Nerve cells (Neurons)



شكل (٢ ـ ٢٤) أنواع الخلايا العصبية

Types of neurons

تتميز الخلية العصبية بمقدرتها على الاستجابة للمؤثرات **hyperirritable** ونقلها في صورة إشارة عصبية **nerve impulse**. هذه الخاصية جعلت للجهاز العصبي القدرة على استقبال الإشارات العصبية والاستجابة لها ونقلها إلى أعضاء الجسم المختلفة، ومن هنا فإن الجهاز العصبي يؤدى دورا هاما في التنسيق والتحكم **coordinated activity** في وظائف الأجهزة الأخرى.

ومن الخصائص الأخرى للخلايا العصبية أنها لا تمتلك القدرة على الحركة أو على الانقسام **lost the ability to move and to reproduce**.

والخلية العصبية تتكون من جسم الخلية **cell body (perikaryon)** متصل به فرع أو عدة فروع لاستقبال الإشارات **afferent processes** وتسمى التفرعات الشجرية **dendrites** ووظيفتها نقل الإشارات إلى جسم الخلية العصبية، وأيضا يوجد فرع آخر لنقل الإشارة بعيدا عن جسم الخلية **efferent process** يسمى المحور **axon**.

وطبقا لتركيب وعدد التفرعات المتصلة بجسم الخلية فإن الخلايا العصبية يتم تقسيمها إلى ثلاثة أنواع (شكل ٢- ٢٤):

أ- الخلية العصبية وحيدة القطب Unipolar neuron

جسم الخلية في هذا النوع من الخلايا العصبية يكون متصلاً به زائدة واحدة فقط تتفرع في نهايتها إلى فرعين أحدهما يؤدى وظيفة التفرع الشجرى (أى استقبال الإشارات العصبية ونقلها إلى جسم الخلية)، والثانى يؤدى وظيفة المحور (أى نقل الإشارة العصبية بعيدا عن جسم الخلية) ويوجد هذا النوع من الخلايا العصبية في العقدة العصبية للجذر الظهرى للأعصاب الشوكية **dorsal root ganglion of the spinal nerves**.

ب- الخلية العصبية ثنائية القطب Bipolar neuron

تتميز بوجود زائدتين متصلتين بجسم الخلية؛ إحداهما تؤدى وظيفة التفرع الشجرى والأخرى تؤدى وظيفة المحور، وهذا النوع من الخلايا يوجد في شبكية العين **retina of eye**.

جـ- الخلية العصبية عديدة الأقطاب Multipolar neuron

هذا النوع هو الأكثر شيوعا فى الجهاز العصبى للحيوانات الفقارية **vertebrate animals**. ويتميز بأن جسم الخلية متصل به عديد من الزوائد، إحدى هذه الزوائد تؤدى وظيفة المحور والزوائد العديدة الأخرى تؤدى وظيفة التفرعات الشجرية **dendrites**.

جسم الخلية العصبية Cell body (Perikaryon or soma)

جسم الخلية العصبية بيضاوى أو مستدير الشكل متصل به المحور والزوائد الشجرية وهو يحتوى على النواة **nucleus** والسيتوبلازم **cytoplasm**. والنواة عادة كبيرة ومركزية وتحتوى على نوية واحدة **single nucleolus** وعدد من الحبيبات الكروماتينية الدقيقة.

ويوجد داخل السيتوبلازم كل التراكيب الحية (العضيات الحية **organelles**) التى سبق ذكرها فى تركيب الخلية (انظر الفصل الثانى) مثل الشبكة الإندوبلازمية المحببة **granular endoplasmic reticulum**، وجهاز جولچى **Golgi apparatus** والميتوكوندريا **mitochondria**. هذا بالإضافة لوجود لييفات عصبية **neurofibrils** وأنيبوبات دقيقة **microtubules** وأجسام نيسل **Nissl bodies**، والتى هى إحدى الصفات الخاصة بالخلايا العصبية. وبفحص أجسام الخلايا العصبية بالمجهر الإلكترونى وُجد أن أجسام نسل ما هى إلا شبكة إندوبلازمية محببة كثيفة. ولا يوجد فى أجسام الخلايا العصبية جسم مركزى **centrosome**؛ ولذا فهى لا تنقسم.

التفرعات الشجرية Dendrites

تكون هذه التفرعات فى أغلب أنواع الخلايا العصبية عديدة. وهى عبارة عن زوائد صغيرة تشبه فى تركيبها جسم الخلية حيث يمتد فيها جزء من السيتوبلازم والذى يحتوى على أجسام نسل والميتوكوندريا واللييفات العصبية والأنيبوبات الدقيقة ولكن لا يوجد بها أجسام جولچى.

المحور (المحور الأسطوانى) Axon (Axis cylinder)

كل خلية عصبية تحتوى على محور واحد وهو امتداد للسيتوبلازم من جسم الخلية العصبية يعمل على نقل الإشارة العصبية من جسم الخلية وتوصيلها إلى خلية أو خلايا أخرى. ويمتاز المحور عن باقى الزوائد الأخرى بالطول ويتفرع فى نهايته ليكون ما يعرف باسم التفرعات النهائية **terminal arborizations**. والغشاء البلازمى للمحور يسمى أكسوليما (غشاء المحور) **axolemma**، ويسمى سيتوبلازم المحور إكسوبلازم **axoplasm** والذى يحتوى على القليل من العضيات الحية مثل الميتوكوندريا وقليل أيضا من الأنيبوبات الدقيقة واللييفات العصبية.

التشابك (المشبك) العصبى Synapse

التشابك العصبى هو مكان التقاء التفرعات النهائية **terminal arborizations** لمحور خلية ما مع التفرعات الشجرية **dendrites** أو مع غشاء جسم خلية عصبية أخرى. ولا يوجد أى اتصال سيتوبلازمى بين الخليتين حيث يوجد شق **gap (or cleft)** بين نهاية خلية عصبية (والذى يعرف بغشاء ما قبل التشابك **presynaptic membrane**) وبداية خلية عصبية أخرى (يعرف باسم غشاء ما بعد التشابك **postsynaptic membrane**).

النسيج الغرائى العصبى Neuroglia

هذا النسيج يعمل على ربط الخلايا العصبية مع بعضها؛ ولذلك فهو يؤدى وظيفة التدعيم للنسيج العصبى، وخلايا هذا النسيج الغرائى عددها كبير جدا مقارنة بعدد الخلايا العصبية والتى تصل نسبتها ١٠ : ١ تقريبا أى يمكن القول أن كل خلية عصبية تكون محاطة بحوالى ١٠ من خلايا النسيج الغرائي، ولذا فهذه الخلايا تساهم بشكل كبير فى تغذية الخلايا العصبية كما تساهم فى تكوين ما يعرف باسم حاجز الدم الدماغى **blood-brain barrier** الذى يحدد المواد التى تستطيع النفاذ والانتقال من الدم إلى الدماغ. ويوجد عدة أنواع من خلايا النسيج الغرائى العصبى في الجهاز العصبى المركزى (شكل ٢-٢٥).

١- خلايا البطانة العصبية Ependymal cells

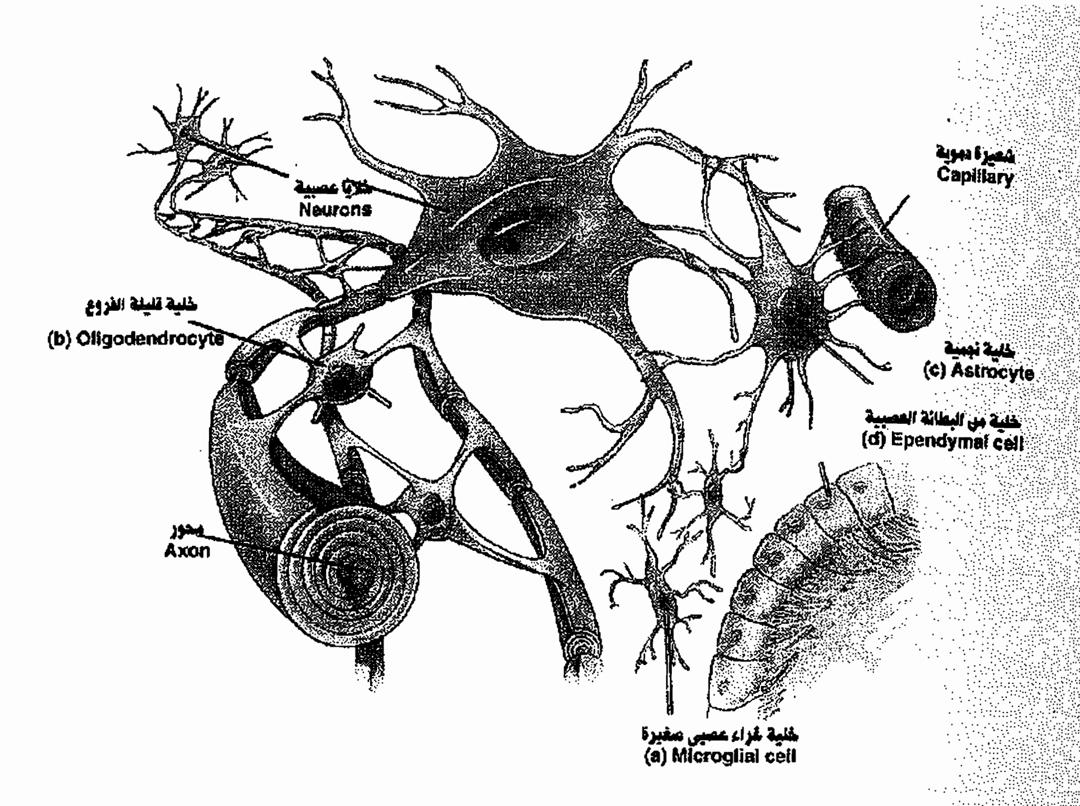
هى خلايا تشبه خلايا النسيج الطلائى تبطن بطينات الدماغ **brain ventricles**، وهى التى تقوم بإفراز ما يعرف باسم السائل المخى الشوكى **cerebrospinal fluid** والذى يحيط بالدماغ والحبل الشوكى.

٢- خلايا الغراء العصبى الرئيسية Glial cells

وهى خلايا تنتشر بين أجسام الخلايا العصبية فى الجهاز العصبى المركزى ويوجد منها نوعان: النوع الأول يسمى الخلايا النجمية **astrocytes** حيث إنها نجمية الشكل ولها زوائد عديدة ترتبط بالأوعية الدموية المغذية للجهاز العصبى المركزى، ومن هنا فهى تؤدى دورا هاما فى توصيل الغذاء والأكسجين من الدم إلى الخلايا العصبية. أما النوع الثانى فيسمى الخلايا قليلة الفروع **oligodendrocytes** وهى خلايا أفرعها قليلة مقارنة بالخلايا النجمية تقوم بتكوين الغمد النخاعى فى الجهاز العصبى المركزى.

٣- خلايا الغراء العصبى الصغيرة Microglia

هذه الخلايا حجمها صغير وأنويتها صغيرة أيضا ولها مقدرة على الالتهام **phagocytic activity**؛ ولذا فهى تعتبر ضمن الجهاز المناعى فى الجسم.



شكل (٢ ـ ٢٥) خلايا الغراء العصبي
Neuroglial cells

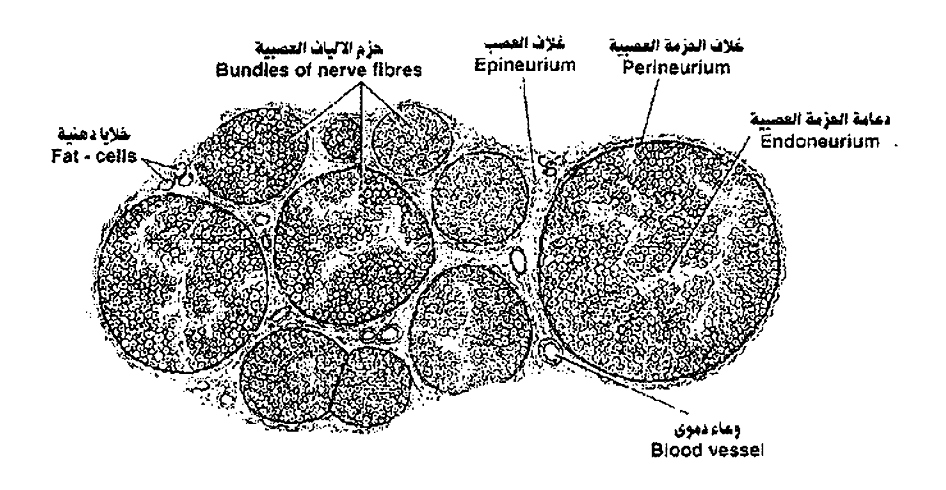
الألياف العصبية Nerve fibers

تشمل الليفة العصبية المحور الأسطوانى **axis cylinder** والأغشية المحيطة به من الخارج، وقد يكون المحور محاطا بما يعرف باسم الغمد النخاعى **medullary sheath** وهنا تسمى الليفة العصبية الميلينية **myelinated (medullated) nerve fiber**، وقد لا تحتوى على هذا الغمد فتسمى فى هذه الحالة ليفة عصبية بدون غمد أو غير ميلينية **non-myelinated (non-medullated) nerve fiber**. والسبب فى وجود الأغشية حول المحور وأيضا فى تكوين الغمد النخاعى هو وجود خلايا تلتف حول المحور عدة لفات تسمى خلايا شوڤان **Schwann cells**، والغمد النخاعى ما هو إلا مركبات فوسفوليبيدية ممتدة من الغشاء البلازمى لخلايا شوڤان ويسمى غشاء هذه الخلية الذى يحيط الليفة العصبية من الخارج الصفيحة العصبية **neurilemma**. وعلى امتداد طول الليفة العصبية المحتوية على الغمد توجد اختناقات متعددة تُكون ما يعرف باسم عقد رانڤييه **nodes of Ranvier**. والمسافة بين كل عقدتين متتاليتين تسمى العقلة

internode. وتجدر الإشارة هنا إلى أن سرعة توصيل الإشارات العصبية فى الألياف العصبية ذات الغمد أكبر كثيرا عنها فى الألياف غير المحتوية على الغمد، وذلك لأن الإشارة العصبية فى النوع الأول تقفز من عقدة إلى عقدة، بينما فى النوع الثانى فإن الإشارة تزحف ببطء على طول الليفة العصبية، كما أن سرعة توصيل الإشارة تتوقف أيضا على قطر الليفة العصبية فكلما زاد قطر الليفة العصبية زادت السرعة، حيث إن عدد عقد رانفييه على طول الليفة العصبية يتناسب عكسيا مع قطر الليفة.

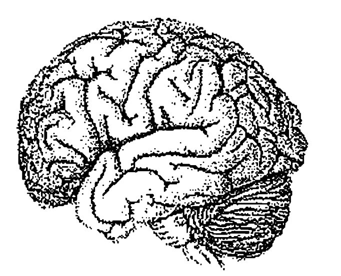
تركيب العصب Structure of a nerve

العصب هو مجموعة من الألياف العصبية تتجمع لتكون حزم عصبية **nerve bundles**، وفى داخل كل حزمة ترتبط الألياف العصبية بنسيج عصبى يسمى النسيج الدعامى للألياف العصبية **endoneurium**. ويكون متصلا بالغشاء المحيط بالليفة العصبية **neurilemma**. وتحاط كل حزمة عصبية بغلاف من النسيج الضام يسمى غلاف الحزمة العصبية **perineurium**، ومجموعة الحزم العصبية المكونة للعصب تغلف بنسيج ضام أيضا يكون غنيا بالأوعية الدموية والليمفية، ويسمى هذا الغلاف المحيط بالعصب ككل بغلاف العصب **epineurium** (شكل ٢-٢٦).

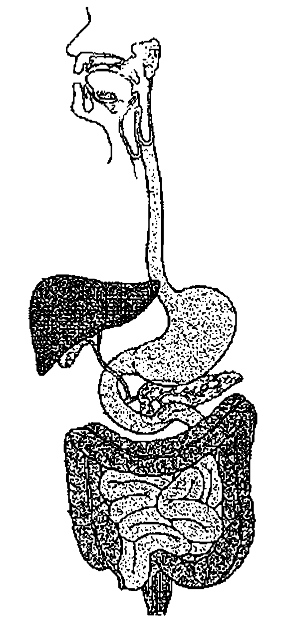


شكل (٢ ـ ٢٦) *قطاع عرضى من العصب الوركى*

T. S. of the sciatic nerve



الباب الثالث



الفسيولوچيا
«علم وظائف الأعضاء»

الفصل السابع

سوائل الجسم والڤيتامينات والإنزيمات

Body Fluids, Vitamins and Enzymes

الفسيولوچيا هو أحد فروع العلوم البيولوچية ويهتم بدراسة وظائف الأعضاء والأجهزة المختلفة للكائنات الحية سواء منها النبات أو الحيوان ثم يلقى الضوء بعد ذلك لتفسير وشرح آلية **mechanism** هذه الوظائف. ومن اهتمامات المشتغلين بعلم وظائف الأعضاء أيضا دراسة العلاقة بين أنشطة ووظائف أجهزة الجسم والعوامل التى تؤثر على هذه الأنشطة سواء العوامل البيئية أو الفسيولوچية .

ويمكن تقسيم الدراسات الفسيولوچية إلى ثلاثة فروع:

١- الفسيولوچيا العامة General physiology

ويمكن تسمية هذا الفرع فسيولوچيا الخلية **cellular physiology** حيث يهتم بدراسة الظواهر الوظيفية والمميزة لكل الكائنات الحية، وهذا ما يعرف بدراسة الخواص الأساسية لأية خلية حية مثل الحركة والتغذية والتنفس والإخراج والتكاثر. ومن هنا تكون الدراسة مرتبطة بالعمليات الحيوية دون الرجوع لنوع الحيوان الذى يقوم بهذه العملية .

٢- فسيولوچيا المجموعات الخاصة Physiology of special groups

وهنا تهتم الدراسة بوظائف أعضاء مجموعة معينة من الحيوانات، ويتم تقسيم هذا الفرع على حسب مجموعة الحيوانات التى سيتم دراسة وظائفها؛ ولذا نجد ما يعرف باسم فسيولوچيا الحيوانات اللافقارية، وفسيولوچيا الحيوانات الفقارية. وقد تختص الدراسة بطائفة معينة؛ ولذا نجد فى هذه الحالة دراسة فسيولوچيا الأسماك أو فسيولوچيا الزواحف أو فسيولوچيا الطيور أو فسيولوچيا الثدييات. وفى أحيان أخرى تكون الدراسة مرتبطة بنوع واحد من الحيوانات وأشهر مثال لذلك هو دراسة فسيولوچيا الإنسان **human physiology**.

٣- الفسيولوچيا المقارنة Comparative physiology

وهذا الفرع من علم الفسيولوچيا يكون مرتبطا بدراسة مقارنة لظاهرة من الظواهر الوظيفية فى أكثر من نوع من الحيوانات؛ ولذا يهتم دارس الفسيولوچيا المقارنة بالطرق

المختلفة التى تُؤدى بها وظيفة ما فى نوعين أو أكثر من الحيوانات، ومدى الاختلاف بين هذه الحيوانات محل الدراسة حيث يُحتمل أن تختلف آلية هذه الوظيفة فى كل نوع من الحيوانات التى تمت دراستها، ومن هنا سيكون نوع أو جنس الحيوان هو العامل المتغير بالنسبة للوظيفة.

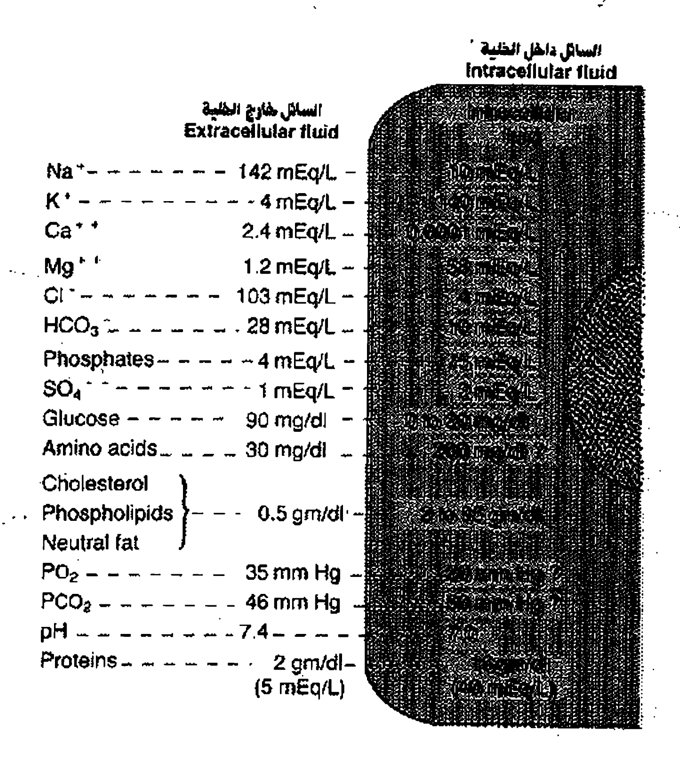
سوائل الجسم Body fluids

فى الحيوانات وحيدة الخلية والتى يُطلق عليها اللاخلوية **non-cellular animals** يكون سائل الجسم هو السيتوبلازم الموجود داخل الخلية ولكن فى الحيوانات عديدة الخلايا **multicellular animals** تنقسم سوائل الجسم إلى ما يسمى بالسائل داخل الخلية **intracellular fluid**، وهو السائل الموجود داخل كل خلايا الجسم والسائل خارج الخلية **extracellular fluid**، وهو السائل الموجود خارج الخلايا ويحيط بها. وفى الحيوانات التى تحتوى على أجهزة دموية مغلقة (وهى الحيوانات الفقارية ومجموعة قليلة من اللافقاريات) ينقسم السائل خارج الخلايا إلى بلازما الدم **blood plasma** والسائل البينى **interstitial fluid**، هذا بالإضافة إلى السوائل الخاصة. وتوجد بلازما الدم داخل الأوعية الدموية، بينما يشغل السائل البينى - ويسمى أحيانا بالسائل النسيجى **tissue fluid** - الفراغ الموجود حول الخلايا مباشرة وعند مرور المواد الغذائية والأكسچين من بلازما الأوعية الدموية إلى الخلايا أو مرور المواد الإخراجية وثانى أكسيد الكربون من الخلايا إلى الأوعية الدموية لابد وأن تعبر هذا السائل الفاصل. ويتكون السائل البينى من ترشيح البلازما من خلال جدران الشعيرات الدموية. أما السوائل الخاصة فهى تشمل السائل الزجاجى **vitreous humour** والسائل المائى **aqueous humour** الموجودين داخل العين والسائل المفصلى **synovial fluid** الموجود فى المفاصل والسائل المخى الشوكى **cerebrospinal fluid** الموجود حول الدماغ والحبل الشوكى، والذى يتم تصنيعه فى تجاويف الدماغ الأربعة **brain ventricles**.

وإذا تحدثنا عن تركيب سوائل الجسم نجد أن كل سوائل الجسم سواء داخل الخلايا أو خارجها تختلف من حيث كم المواد المذابة وليس الكيف، ولكنها تشترك جميعها فى صفة عامة واحدة وهى أن معظمها يتكون من الماء حيث تتراوح كمية الماء فى الحيوانات المختلفة من ٦٠ إلى ٩٠٪ من وزن الجسم، فجسم الإنسان على سبيل المثال يحتوى على حوالى ٧٠٪ من وزنه ماء، ٥٠٪ منها سائل داخل الخلايا و١٥٪ منها السائل البينى والنسبة الباقية وهى ٥٪ عبارة عن ماء فى بلازما الدم.

وتحتوى سوائل الجسم على كثير من المواد العضوية وغير العضوية. وهنا تجدر الإشارة إلى أن الصوديوم والكلوريد والبيكربونات تُكَوّن الإلكتروليتات الرئيسية فى

السائل خارج الخلايا، بينما يكّون البوتاسيوم والماغنسيوم والفوسفات والبروتينات الجزء الأكبر لإلكتروليتات السائل داخل الخلايا. ويوضح شكل (٣-١) التركيب الكيميائى لكل من السائل داخل الخلية والسائل خارج الخلية.



شكل (٣ ـ ١) مقارنة بين السائل داخل الخلية والسائل خارج الخلية

Comparison between intracellular and extracellular fluids

وبالرغم من أن سوائل الجسم المختلفة يفصلها عن بعضها أغشية إلا أن هناك تبادلا مستمرا بينها سواء من حيث الماء أو المواد المذابة فيه. ويتم التبادل بين البلازما والسائل البينى عبر جدران الشعيرات الدموية لأن جدران بقية الأوعية الدموية سميكة للحد الذى لا يسمح بمرور أى من مكونات الدم إلى ما بين الخلايا. ويوجد فى الجسم عدد هائل جدا من الشعيرات الدموية تشكل شبكات مزدحمة فى جميع أنسجة الجسم. والتبادل عبر جدران الشعيرات الدموية يشمل الماء وجميع المواد المذابة فيه عدا البروتينات الذائبة فى البلازما نظرا لأوزانها الجزيئية الكبيرة.

الڤيتامينات Vitamins

الڤيتامينات هى مجموعة من المركبات العضوية ذات تراكيب كيميائية مختلفة وذات أوزان جزيئية منخفضة، تُصنع عادة فى الأنسجة النباتية ويحتاجها الجسم بكميات قليلة جدا إذا ما قورنت بحاجته إلى المواد الغذائية الأخرى. ويمكن لبعض البكتيريا صنع عدد محدود منها. ولا يستطيع الإنسان ولا الحيوان تصنيع مثل هذه المركبات؛ لذا فمن الضرورى وجودها فى غذاء الإنسان والحيوان، ولكن فى عدد قليل من الحالات يمكن أن تتكون بعض الڤيتامينات فى أنسجة حيوانية نتيجة لتحولات كيميائية تطرأ على مركبات تُعرف باسم طلائع الڤيتامينات **provitamins**. ومثال ذلك مركبات الكاروتين التى تعد مصدرا لتصنيع ڤيتامين (أ).

والڤيتامينات ضرورية لكثير من العمليات الحيوية فى الجسم، حيث تدخل فى تركيب بعض المركبات الهامة مثل مساعدات الإنزيمات **coenzymes** التى تُستخدم كعوامل ناقلة فى تفاعلات التنفس الخلوى وغيرها. وهى لا تستخدم لنمو الجسم إلا أنها ضرورية لاكتمال نمو الجسم نموا طبيعيا. ويؤدى نقص الڤيتامينات فى الغذاء إلى حدوث اضطرابات خطيرة فى عمليات أيض المواد الغذائية، مما يؤدى إلى اختلالات عديدة فى أنشطة الجسم وتوازنه وبالتالى ضعفه وتعرضه للإصابة بالأمراض. ومما تجدر الإشارة إليه أن الڤيتامينات تتأثر بالحرارة تأثرا كبيرا؛ فتقل قيمتها الغذائية تبعا لذلك.

وتقسم الڤيتامينات حسب ذوبانها فى الدهون أو فى الماء إلى نوعين هما ڤيتامينات تذوب فى الدهون **fat-soluble** وهى أ **A**، د **D**، هـ **E**، ك **K**، وڤيتامينات تذوب فى الماء **water-soluble** وهى ڤيتامين ب المركب **B-complex** وفيتامين ج **C**. وبالنسبة للڤيتامينات التى تذوب فى الدهون فهى تمتص مع المواد الدهنية فى الأمعاء الدقيقة وبالتالى فإن الخلل فى امتصاص المواد الدهنية يؤدى إلى نقصها فى الجسم، كما قد تُخزن وتتراكم هذه الڤيتامينات فى الجسم مما يؤدى إلى حدوث تسمم إذا كانت جرعاتها تزيد عن احتياج الجسم وعن قدرته على خزنها.

أما الڤيتامينات التى تذوب فى الماء والتى تشتمل على مجموعة ڤيتامينات ب وڤيتامين ج فهى تعمل كمجموعات مرافقة لكثير من الإنزيمات فضلا عن أنها عوامل مساعدة للوقاية من عدد كبير من الأمراض، ولا تشكل زيادة هذه الڤيتامينات أية خطورة على الجسم إذ يمكن التخلص منها عن طريق الكلى. وهنا تجدر الإشارة إلى أن مجموعة ڤيتامينات ب قد وُضعت فى مجموعة واحدة لأن أصل هذه الڤيتامينات يتكون من مركبات متشابهة وتوجد أيضا فى الطبيعة معا.

مع ملاحظة أن معظم الڤيتامينات موجودة بكميات كافية فى الخضروات والفواكه الطازجة وفى اللبن والبيض واللحوم وكلها مواد غذائية متوافرة؛ لذا يجب أن يكون الغذاء محتويا على مواد طازجة ومن مصادرها الطبيعية وبكميات كافية.

ويبين جدول(٣-١) وظيفة كل ڤيتامين وأهم مصادره الغذائية وأعراض نقص هذا الڤيتامين وكذلك التركيب الكيميائى.

الإنزيمات Enzymes

إن جميع التفاعلات الحيوية داخل الجسم تحتاج إلى إنزيمات، ولا يتم التفاعل الحيوى بدون إنزيم خاص، وأحيانا يحتاج الإنزيم إلى ما يسمى بمساعد الإنزيم **coenzyme** لتنشيطه. ومن خصائص الإنزيمات أنها مواد بروتينية متخصصة حيث إن كل إنزيم متخصص لنوع من التفاعلات. فإنزيمات الهضم منها الخاص بهضم المواد الكربوهيدراتية وأخرى تساعد فى هضم البروتينات، وإنزيمات هاضمة للدهون. وحيث إن جميع الإنزيمات تتميز بطبيعتها البروتينية؛ لذلك فهى تتأثر بارتفاع درجة الحرارة، وتسمى درجة الحرارة التى يصل عندها الإنزيم لنشاطه الأقصى بدرجة الحرارة المثلى **optimum temperature**. أيضا لكل إنزيم رقم هيدروچينى أمثل **optimum pH**. فبعض الإنزيمات تعمل فى وسط حمضى، بينما تحتاج إنزيمات أخرى وسطا قاعديا. وكثير من الإنزيمات تحتاج وجود بعض المعادن مثل الزنك والنحاس، أو لبعض الڤيتامينات وتعرف مثل هذه المواد أو العناصر الضرورية لنشاط الإنزيمات بمساعدات الإنزيمات **cofactors**.

وتُفرز بعض الإنزيمات فى حالة غير نشطة؛ لذلك لابد من وجود مواد خاصة تنشطها، فعلى سبيل المثال إنزيم الببسين **pepsin** يُفرز فى المعدة فى صورة غير نشطة تسمى البيبسينوچين **pepsinogen**، والتى تتحول فى وجود حامض الهيدروكلوريك والذى يُفرز فى المعدة أيضا إلى الببسين النشط. وتعمل الإنزيمات كعوامل مساعدة لزيادة سرعة التفاعلات الكيميائية، أى أن الإنزيم لا يدخل فى التفاعل الكيميائى. ومعظم الإنزيمات عملها عكسى حيث إنها تساعد التفاعلات الكيميائية فى الاتجاهين (الاتجاه الطردى والاتجاه العكسى).

$$E + S \rightleftharpoons ES \rightleftharpoons ES^{-} \rightleftharpoons E + P$$

[ويرمز للإنزيم بالرمز E **(enzyme)**، والمادة التى يؤثر عليها بالرمز S **(substrate)** والناتج من التفاعل بالرمز P **(product)**].

جدول (٣-١) الفيتامينات الضرورية للتغذية فى الإنسان

Vitamins essential for human nutrition

الفيتامين	الوظيفة	أعراض النقص	المصدر الغذائى	التركيب الكيميائى
فيتامين ا Vitamin A	ضرورى لتكوين أصباغ الإبصار visual pigments	فقد قوة الإبصار ليلا وجفاف الجلد	الخضروات والفواكه واللبن	
فيتامين ب المركب B - complex فيتامين ب١ Thiamine	مساعد انزيم فى عمليات التنفس وخاصة نزع ثانى أكسيد الكربون decarboxylation	مرض البرى برى Beri beri والتهاب الأعصاب Neuritis	الكبد والحبوب	
فيتامين ب٢ Riboflavin	يكون جزءا من مركبات الفلافوبروتين flavoroteins والتى هى أساسية لعمليات الأكسدة	التهاب اللسان واللثة	الكبد واللبن	
نياسين Niacin Nicotinic acid	يدخل فى تركيب مركبى NAD^+ , $NADP^+$ والذى لهما دورا أساسيا فى عمليات الأكسدة	مرض البلاجرا Pellagra	الخميرة واللحوم والكبد	ويمكن تصنيعه فى الجسم من الحامض الأمينى التريبتوفان

الفيتامين	الوظيفة	أعراض النقص	المصدر الغذائي	التركيب الكيميائي
فيتامين ب٦ Pyridoxine	يكون الجزء الفعال prosthetic group في الانزيمات التي تساعد على نقل المجموعات الامينية transaminases	التشنجات والاضطرابات العصبية	الخميرة والحبوب والكبد	CH₂OH, HO, CH₂OH, H₃C, N
حامض البانتوثنيك Pantothenic acid	يكون جزءاً من مساعد الانزيم ا CoA	التهاب الجلد والامعاء وسقوط شعر الراس وخلل في غدة الكظر	البيض والكبد والخميرة	H, CH₃, H, O; HO—C—C—C—C—N—CH₂CH₂COOH; H, CH₃, OH, H
بيوتين Biotin	يكون جزءاً من الانزيمات التي تساعد في اتحاد ثاني اكسيد الكربون مع مركبات أخرى	التهاب الجلد والامعاء	صفار البيض والكبد والطماطم	O, C, H—N, N—H, H—C, C—H, H₂C, S, CH—(CH₂)₄CO
حامض الفوليك Folic acid	يعمل كمساعد أنزيم في عمليات تكوين كريات الدم الحمراء	فقر الدم وتاخير النمو	الخضروات ذات الاوراق الخضراء	HOOC - CH₂— CH₂ —CHNH— C(=O) (COOH) — C₆H₄ —NH—CH₂ — pteridine (H, N, N, NH₂, N, N, OH)

تابع جدول (٣-١)

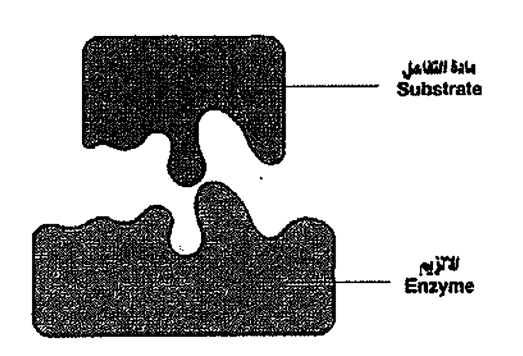
الفيتامين	الوظيفة	أعراض النقص	المصدر الغذائي	التركيب الكيميائي
فيتامين ب١٢ Cyanocobalamin	يعمل مساعد انزيم فى ايض الاحماض الامينية وله دور هام فى تكوين كريات الدم الحمراء	مرض الانيميا الخبيثة Pernicious anemia	الكبد واللحوم والبيض واللبن	مركب يتكون من ٤ حلقات من البيرول تحيط ذرة من الكوبالت

الفيتامين	الوظيفة	أعراض النقص	المصدر الغذائي	التركيب الكيميائي
فيتامين ج Vitamin C	يساعد على تكوين الكولاجين collagen ولذا يلعب دورا هاما فى التئام الجروح	مرض الاسقربوط Scurvy	الفواكه الحمضية والخضروات ذات الأوراق الخضراء	
فيتامين د Vitamin D	يساعد على امتصاص الكالسيوم والفوسفات فى الأمعاء	مرض الكساح Rickets	زيت كبد الحوت	ضمن مجموعة من المركبات الستيرودية

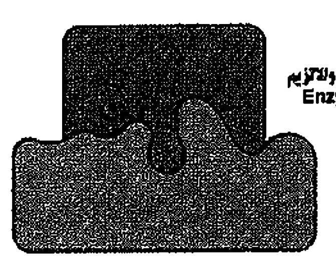
تابع جدول (٣-١)

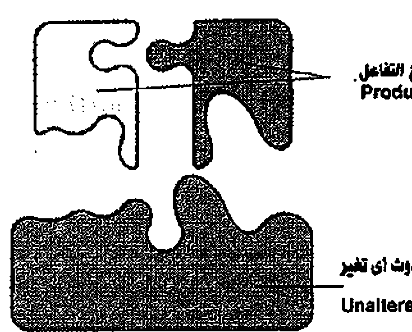
الفيتامين	الوظيفة	أعراض النقص	المصدر الغذائي	التركيب الكيميائي
فيتامين هـ Vitamin E	يساعد في تكوين الخلايا التناسلية حيث ويلعب دوراً هاما كمضاد للاكسدة	العقم في الحيوانات وضمور العضلات	اللبن والبيض واللحوم والخضروات	
فيتامين ك Vitamin K	ضروري لتكوين مادة البروثرومبين في الكبد واللازمة لتجلط الدم	عدم قدرة الدم على التجلط وحدوث النزيف	الخضروات ذات الاوراق الخضراء وخاصة الكرنب والسبانخ	

ومن التفاعل السابق يلاحظ أنه يحدث ارتباط مؤقت بين الإنزيم ومادة التفاعل ثم يحدث تغير ما فى مادة التفاعل وعندئذ ستتحول إلى ناتج التفاعل ويتحرر الإنزيم دون حدوث أى تغير فى تركيبه الكيميائى؛ لذلك فالإنزيم يؤدى دوره فى التفاعل كعامل مساعد فقط **catalyst**.



وعلى ذلك فعمل الإنزيمات يعتمد على الارتباط بين جزىء الإنزيم وجزىء المادة التى يعمل عليها **substrate** لفترة قصيرة، ويشترط لكى يتم هذا الارتباط أن تكون جزيئات الإنزيم والمادة التى يعمل عليها مكملة إحداهما للأخرى من حيث الشكل، مما يفسر تخصص الإنزيمات فى عملها، ومن هنا يمكن تعريف الإنزيم بأنه عبارة عن بروتين له خصائص العامل المساعد نتيجة لقدرته على إتمام التفاعل الكيميائى، وعندما ينتهى التفاعل فإن الإنزيم يتحرر ليُستعمل فى تفاعل جديد (شكل ٣-٢).





شكل (٣-٢) الارتباط بين مادة التفاعل والأنزيم

Enzyme - substrate interaction

تقسيم الإنزيمات Classification of enzymes

تُقسم الإنزيمات على حسب نوع التفاعل الذى تشارك فيه كعامل مساعد لإتمامه إلى ست مجموعات **6 groups**:

أولا: مجموعة إنزيمات الأكسدة والاختزال

I. Oxido-reductases (Oxidation-reduction enzymes)

هذه المجموعة من الإنزيمات تلعب دورا هاما فى الأيض داخل الخلايا وعادة تقسم إلى نوعين هما:

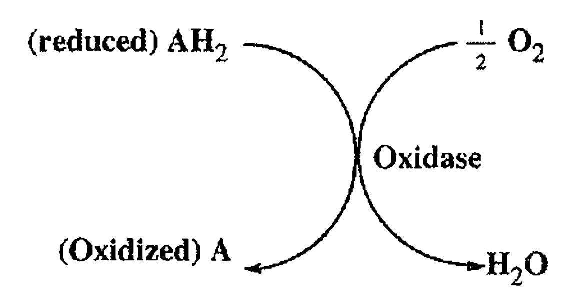
١ - إنزيمات نزع الهيدروچين (الديهيدروچينزات) Dehydrogenases

معظم أكسدة المركبات العضوية تتم عن طريق نزع الهيدروچين. وهذا ما يتم فى خلايا الكبد حيث تتم أكسدة الكحول الإيثيلى لتقليل تأثيره السمى والذى يتحول إلى الأسيتالدهيد **acetaldehyde**.

$$\textbf{Ethanol} + \textbf{NAD}^{+} \xrightleftharpoons{\text{Ethanol dehydrogenase}} \textbf{Acetaldehyde} + \textbf{NADH} + \textbf{H}^{+}$$

٢ - إنزيمات الأكسدة (الأكسيديزات) Oxidases

هذه مجموعة من إنزيمات الأكسدة والتى تستخدم الأكسچين مباشرة مثل إنزيم السيتوكروم أكسيديز **cytochrome oxidase**.



ثانيا: مجموعات الإنزيمات الناقلة

II. Transferases (Transferring enzymes)

تعمل هذه المجموعة من الإنزيمات على نقل ذرة أو مجموعة ذرات من مركب إلى الآخر ومن أشهرها إنزيمات الترانس أمينيزات **transaminases: AST & ALT**.

$$\underset{\text{Glutamic acid}}{\begin{matrix}COOH\\|\\CH_2\\|\\CH_2\\|\\CHNH_2\\|\\COOH\end{matrix}} + \underset{\text{Oxaloacetic acid}}{\begin{matrix}COOH\\|\\CH_2\\|\\C=O\\|\\COOH\end{matrix}} \xrightleftharpoons{\text{AST}} \underset{\alpha\text{ - Ketoglutaric acid}}{\begin{matrix}COOH\\|\\CH_2\\|\\CH_2\\|\\C=O\\|\\COOH\end{matrix}} + \underset{\text{Aspartic acid}}{\begin{matrix}COOH\\|\\CH_2\\|\\CHNH_2\\|\\COOH\end{matrix}}$$

ثالثا: مجموعة إنزيمات التحلل المائي III. Hydrolytic enzymes

هذه الإنزيمات تساعد فى تحلل مادة التفاعل عند رابطة معينة وذلك بدخول عنصرى الماء (OH, H) وهذه المجموعة بدورها يعاد تقسيمها إلى خمس تحت مجموعات **subgroups** على حسب نوع مادة التفاعل.

١- الإنزيمات المحللة للأسترات Esterases

هذه الإنزيمات تساعد فى التحلل المائى للروابط الخاصة بالأسترات، فعلى سبيل المثال إنزيم الليبيز **lipase** يسهم فى تحلل الدهون إلى الأحماض الدهنية والجلسيرول.

$$
\begin{array}{l}
H_2C-O-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-R_1 \\
\quad | \\
HC-O-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-R_2 \\
\quad | \\
H_2C-O-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-R_3
\end{array}
+ 3H_2O \rightleftharpoons
\begin{array}{l}
H_2C-OH \\
\quad | \\
HC-OH \\
\quad | \\
H_2C-OH
\end{array}
\begin{array}{l}
R_1-COOH \\
\\
+R_2-COOH \\
\\
R_3-COOH
\end{array}
$$

Fat (triglyceride) — Glycerol — Fatty acids

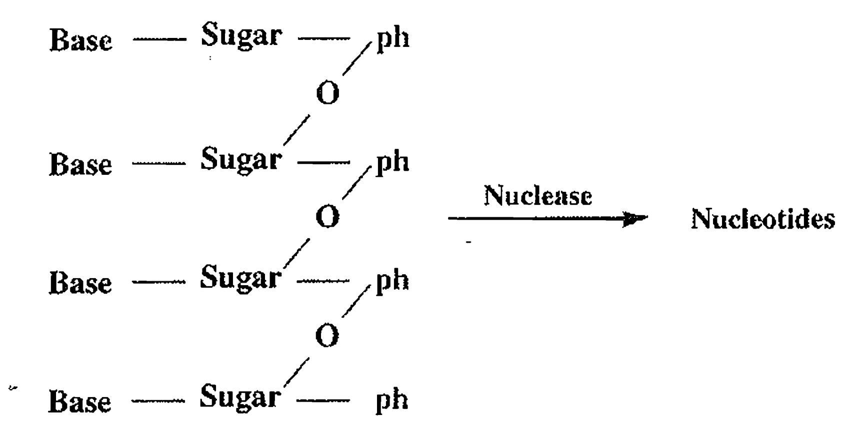
٢- الإنزيمات المحللة لأسترات حامض الفوسفوريك Phosphatases

هذه الإنزيمات متخصصة بتحلل أسترات حامض الفوسفوريك فقط.

$$
R-O-\underset{\underset{\displaystyle OH}{|}}{\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{P}}-OH + H_2O \longrightarrow ROH + HO-\underset{\underset{\displaystyle OH}{|}}{\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{P}}-OH
$$

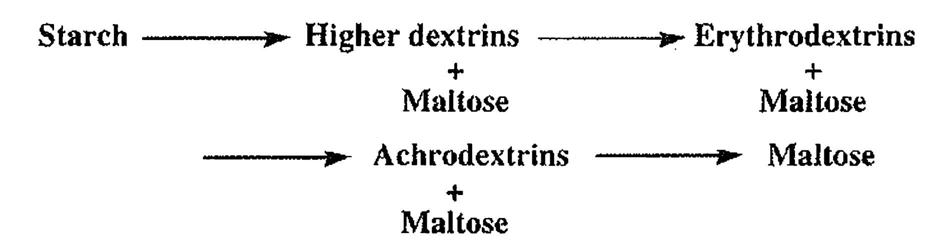
٣- الإنزيمات المحللة للأحماض النووية Nucleases

هذه الإنزيمات تسبب تفكك الأحماض النووية وينتج عن ذلك وحدات بناء الأحماض النووية والتى تعرف باسم النيكليوتيدات **nucleotides**. ومن أمثلتها الريبونيكليز **RNAase** والدى أوكسى ريبونيكليز **DNAase**.



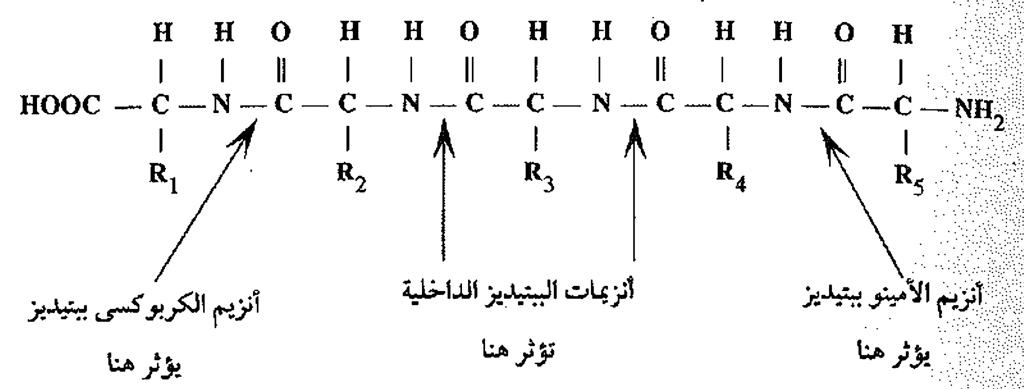
٤ - الإنزيمات المحللة للمواد الكربوهيدراتية **Carbohydrases**

هذه الإنزيمات تعمل على تكسير الروابط السكرية **glycosidic linkages** سواء للسكريات الثنائية أو لعديدات التسكر. مثال ذلك إنزيم الأميليز الذى يعمل على هضم النشا.



٥ - الإنزيمات المحللة للبروتينات **Proteases (Proteolytic enzymes)**

وظيفة هذه الإنـزيمات هى تكسير الروابط الببتيدية **peptide bonds** للمركبات البروتينية والببتيدية. وهنا يجب التمييز بين إنزيمات الببتيديز الداخلية **endopeptidases** وإنزيمات والببتيديز الخارجية **exopeptidases**، والأخيرة هذه تؤثر على الروابط الببتيدية الخارجية؛ ولذا يعاد تقسيمها إلى الكربوكسى ببتيديز **carboxypeptidase**، وهذا الإنزيم يؤثر فى الرابطة الببتيدية الخارجية والقريبة من مجموعة الكربوكسيل الطرفية، والأمينوببتيديز **aminopeptidase** والذى يؤثر على الرابطة الببتيدية الخارجية والقريبة من مجموعة الأمين الطرفية. أما إنزيمات الببتيديز الداخلية فهى إنزيمات تعمل على تحلل الروابط الببتيدية فى داخل جزىء البروتين مثل أنزيمى البيسين **pepsin** والتربسين **trypsin**.



رابعا: مجموعة الإنزيمات الهادمة IV. Lyases (Splitting enzymes)

هذه الإنزيمات تعمل على هدم أو تكسير المواد التى تؤثر عليها بدون تحلل مائى وأيضا بدون أكسدة أو اختزال، ويمكن تقسيمها إلى:

١- الألدوليزات Aldolases

هذه الإنزيمات تساعد فى التفاعلات التى تؤدى إلى تكوين مركبات الألدول **aldol**.

$$\text{Fructose 1,6 diphosphate} \xrightleftharpoons{\text{Aldolase}} \text{Glyceraldehyde - 3 phosphate} + \text{Dihydroxyacetone phosphate}$$

٢- الدهيدراتيزات Dehydratases

هذه الإنزيمات تتشابه مع إنزيمات التحلل المائى فى استخدامها لعنصرى الماء **(HO, H)** ولكن بطريقة مختلفة حيث ينتج عن نزع الماء تكوين رابطة ثنائية **double bond**، وعند إضافة الماء يتم تحويل الرابطة الثنائية إلى رابطة أحادية.

$$\underset{\text{Malic acid}}{\begin{matrix} OH-CH-COOH \\ | \\ CH_2-COOH \end{matrix}} \xrightleftharpoons{\text{Fumarase}} H_2O + \underset{\text{Fumaric acid}}{\begin{matrix} CH-COOH \\ \| \\ CH-COOH \end{matrix}}$$

٣- إنزيمات نزع ثانى أكسيد الكربون Decarboxylases

هذه الإنزيمات تعمل على نزع ثانى أكسيد الكربون من المركبات التى تؤثر فيها.

$$\begin{array}{l} O = C - COOH \\ \quad | \\ \quad CH_2 - COOH \end{array} \xrightarrow{\text{Decarboxylase}} H_3C - \overset{\overset{\large O}{\|}}{C} - COOH + CO_2$$

Oxaloacetic acid **Pyruvic acid**

٤- إنزيمات التحلل الفوسفورى Phosphorylases

هذه الإنزيمات تعمل على هدم المركبات التى تؤثر عليها بإضافة عنصرى حامض الفوسفوريك (H_2PO_4, H) من خلال تكسير رابطة ما. وهذا ما يحدث لتحويل الجليكوچين المختزن فى الكبد والعضلات إلى جلوكوز-١ فوسفات للحصول على طاقة.

$$\text{Glycogen} + H_3PO_4 \xrightarrow{\text{Phosphorylase}} \text{Glucose - 1 - ph}$$

خامسا: مجموعة إنزيمات التناظر أو التشابه V. Isomerases

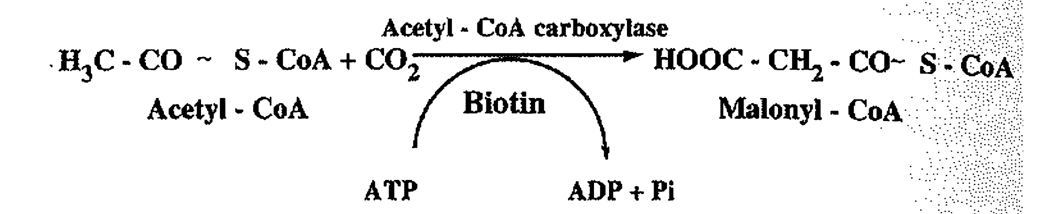
هذه الإنزيمات تعمل على إعادة ترتيب الذرات داخل الجزىء، وبذلك يتم تحويل مركبين متساويين فى الوزن الجزيئى كل منهما إلى الآخر.

$$\text{Glucose - 6 - phosphate} \underset{\text{isomerase}}{\overset{\text{Phosphohexose}}{\rightleftharpoons}} \text{Fructose - 6 - phosphate}$$

سادسا: مجموعة إنزيمات البناء VI. Ligases

هذه الإنزيمات تساعد على ربط جزيئين معا من خلال انشطار رابطة ذات طاقة عالية **pyrophosphate bond** وغالبا من جزىء أدينوزين ثلاثى الفوسفات **ATP** كمصدر للطاقة. وتعمل هذه المجموعة من الإنزيمات لتساعد التفاعلات التى تؤدى إلى روابط **C-S, C-O, C-N, C-C**. ومن أمثلة هذه الإنزيمات إنزيم الأستيل مساعد

الإنزيم أ كـربوكسـيلاز **(Acetyl CoA: CO_2 ligase) acetyl - CoA carboxylase** والذى يساعـد فى ربط ألاستـيل مساعـد الإنزيم أ وثانى أكسيـد الكربون وذلك بتكوين رابطة بين ذرتى كربون **C-C bond**.





الفصل الثامن

التغذية والهضم والامتصاص

Nutrition, Digestion and Absorption

التغذية Nutrition

تحتاج الكائنات الحية إلى المواد الغذائية التى تمدها بالطاقة وتساعدها فى تكوين أنسجة جديدة، تلك الطاقة التى تطلق بواسطة تكسير الروابط الكيميائية فى المركبات المعقدة والتى يحصل عليها الكائن الحى من البيئة المحيطة به، ويحولها إلى مركبات أقل تعقيدا. وتعتبر الشمس هى المصدر الأساسى للطاقة حيث تمتص جزيئات الكلوروفيل فى النباتات الخضراء أشعة الشمس وتحول جزءا من هذه الطاقة إلى مواد كربوهيدراتية تحتوى على روابط كيميائية ذات طاقة عالية. وتعتبر النباتات الخضراء من الكائنات الحية الذاتية التغذية **autotrophic**، حيث تتطلب فقط الحصول على مركبات غير عضوية من البيئة المحيطة لكى تُنتج المواد العضوية مثل النشا **starch**. وهناك بعض أنواع من البكتيريا ذات تغذية كيميائية **chemotrophic** حيث تحصل على الطاقة من التفاعلات الكيميائية غير العضوية. أما الحيوانات فهى تعتبر من الكائنات المتباينة التغذية **heterotrophic** حيث تعتمد فى تغذيتها على المركبات العضوية التى تحصل عليها من النباتات والحيوانات الأخرى والتى سوف تستخدمها فى النمو والأنشطة الحيوية، معنى ذلك أن غذاء الحيوانات عادة ما يتكون من أنسجة الكائنات الأخرى المعقدة والتى يصعب امتصاصها مباشرة بواسطة خلايا الجسم؛ لذا يجب تكسيرها أو هضمها إلى جزيئات صغيرة يسهل امتصاصها.

ويمكن تقسيم الحيوانات إلى عدة مجموعات على أساس طريقة التغذية؛ فمنها آكلات الأعشاب **herbivorous** التى تتغذى أساسا على النباتات، وآكلات اللحوم **carnivorous** التى تتغذى على لحوم الحيوانات، وهناك نوع آخر يتغذى على كل من الأعشاب ولحوم الحيوانات ويسمى متنوع التغذية **omnivorous**. وعموما فإن عملية التغذية تعنى ابتلاع الطعام وتحويله إلى مواد بسيطة بواسطة الهضم لكى تتكون جزيئات ذائبة تُمتص بواسطة الدم إلى أعضاء الجسم المختلفة حيث تتم أكسدة نواتج الهضم لكى تنتج الطاقة اللازمة لكل أنشطة الجسم. ومن المعروف أن كثيرا من الطعام لا يستخدم فى الحال ولكن يُختزن لاستعماله مستقبلا عند الحاجة إليه.

ويوجد بعض من الحيوانات التى تستطيع امتصاص غذائها بطريقة مباشرة من البيئة المحيطة بها، مثال ذلك الطفيليات التى تعيش فى الدم والأمعاء والتى تستطيع الحصول على غذائها فى هيئة جزيئات عضوية بواسطة الامتصاص السطحى (الارتشاف) وقد تمتص بعض الحيوانات اللافقارية المائية جزءا من احتياجاتها الغذائية مباشرة من المياه.

ويحتوى الغذاء عادة على مواد عضوية ومواد غير عضوية وقد سبقت الإشارة فى الفصل الأول للتركيب الكيميائى للمواد العضوية، وفيما يلى نبذة عن المكونات غير العضوية فى الغذاء.

١-الماء Water

الماء عنصر أساسى للحياة لذا تحتاج كل الحيوانات إلى وجود الماء فى غذائها وتتراوح كمية الماء فى أجسام الحيوانات المختلفة ما بين ٧٠-٩٠٪ من وزن الجسم، وتختلف نسب الماء فى الأنسجة المختلفة فى جسم الحيوان الواحد فنجدها مرتفعة فى بعض الأنسجة مثل الكلية والكبد والدماغ (حوالى ٨٠٪)، بينما أقل نسبة من الماء نجدها فى العظام. أيضا فإن كمية الماء تتغير تبعا لعمر الحيوان فهى أعلى فى الحيوانات الصغيرة عنها فى الحيوانات المتقدمة فى العمر. والماء هو الوسط المناسب لجميع العمليات الفسيولوجية التى تتم فى الجسم كالهضم والأيض وأيضا لنقل الإفرازات المختلفة للخلايا مثل الهرمونات **hormones** والإنزيمات **enzymes**. كما يؤدى الماء دورا هاما فى انتقال المواد الغذائية عن طريق الدم بعد هضمها إلى خلايا الجسم المختلفة، كما يساعد الماء فى نقل المواد الإخراجية سواء فى صورة بول أو فى التخلص من فضلات الغذاء على شكل براز، كما أن الماء يساهم فى تنظيم درجة حرارة الجسم أثناء العرق، وكلما زاد مجهود الإنسان أو كلما ارتفعت حرارة الجو زاد إفراز العرق.

جدول (٣-٢) التوازن المائى فى جسم الإنسان
Water balance in human body

مايحصل عليه الإنسان من ماء فى اليوم		ما يفقده الإنسان من ماء فى اليوم	
ماء الشرب	١٤٠٠ سم٣	فى البول عن طريق الكليتين	١٥٠٠ سم٣
ماء مع الطعام	٩٠٠	فى العرق عن طريق الجلد	٦٠٠
ماء الأيض	٤٠٠	فى هواء الزفير عن طريق الرئتين	٥٠٠
		فى البراز عن طريق الأمعاء	١٠٠
المجموع	٢٧٠٠ سم٣	المجموع	٢٧٠٠ سم٣

وهناك اتزان بين ما يتناوله الإنسان من ماء وبين ما يفقده، فمثلا عند شرب كميات كبيرة من الماء فإنه يزداد تبعا لذلك إخراج كميات كبيرة من البول، بينما عند فقد كميات كبيرة من الماء عن طريق العرق فإن كميات البول تقل. ويصل الماء للجسم عن طريق ثلاثة مصادر هي: ماء الشرب، والماء الداخل في تركيب المواد الغذائية، وكذلك الماء الذي يتكون داخل خلايا الجسم أثناء التفاعلات الكيميائية في الأيض. ويبين جدول (٣-٢) متوسط ما يحصل عليه الإنسان من الماء وما يفقده في اليوم.

٢- العناصر المعدنية Minerals

مع أن جسم الإنسان أو الحيوان يحتاج إلى كميات قليلة من العناصر المعدنية إلا أنها ضرورية جدا للجسم ولا يمكن الاستغناء عنها. ومن أهم هذه العناصر الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والفوسفور والحديد وهي التي يحتاج الجسم منها إلى كميات كبيرة نسبيا، هذا بالإضافة إلى عدد آخر من العناصر التي يحتاج إليها الجسم ولكن بكميات صغيرة جدا مثل الماغنسيوم واليود والنحاس والمنجنيز والزنك والفلور والكوبالت والكبريت. وتوجد العناصر المعدنية بكثرة في الفواكه والخضروات. ويؤدي نقص هذه العناصر في الغذاء إلى فقدان الشهية وظهور بعض الأمراض. وفيما يلي وظائف بعض العناصر المعدنية:

١- يعمل الكالسيوم على تجلط الدم عند حدوث جرح؛ ولذا يلعب دورا هاما في منع النزيف.

٢- يدخل كل من الكالسيوم والفوسفور في تكوين العظام والأسنان.

٣- يؤدي الكالسيوم دورا هاما في انقباض العضلات وكذلك في انطلاق المواد الكيميائية الموصلة للإشارات العصبية **neurotransmitters** من نهايات الألياف العصبية.

٤- يساهم عنصر الحديد في تكوين كريات الدم الحمراء؛ لذا فنقص الحديد في الجسم يسبب أحد أنواع فقر الدم المعروف بالأنيميا.

٥- تقوم كل من أيونات الصوديوم والبوتاسيوم بدور فعال في حساسية الأنسجة العصبية والألياف العضلية وبالتالي في نقل الإشارات العصبية.

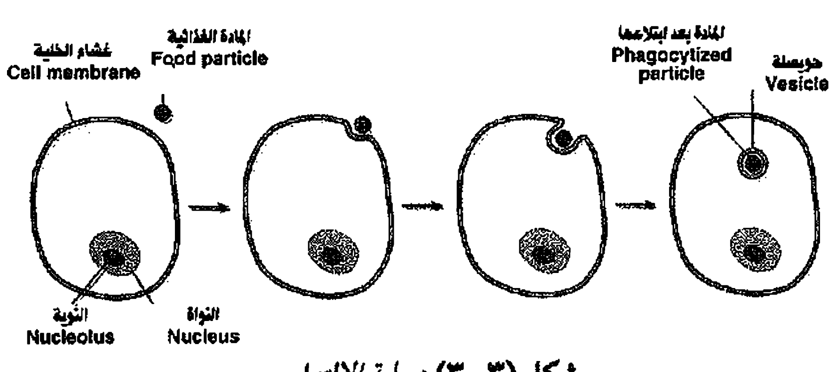
٦- تؤدي معظم العناصر المعدنية دورا هاما في تنظيم الضغط الأسموزي لسوائل الجسم.

٧- تعمل العناصر المعدنية على تنظيم الأس الهيدروچيني **pH** للدم.

٨- عنصر اليود ضروري لتصنيع هرمون الثيروكسين الذي تفرزه الغدة الدرقية، لذا فنقص اليود في الجسم يؤدي إلى نقص إفراز هرمون الغدة الدرقية.

الهضم Digestion

يقصد بالهضم تكسير المواد الغذائية المعقدة ميكانيكيا ثم تحويلها كيميائيا إلى وحدات بسيطة لكى يسهل امتصاصها من الخلايا الطلائية فى الأمعاء. وفى جميع الفقاريات بما فيها الإنسان وأيضا فى اللافقاريات العليا تتم عملية الهضم خارج الخلايا **extracellular digestion**، وذلك من خلال إفراز العصارات الهاضمة فى تجويف القناة الهضمية حيث يتم تفتيت وهضم المواد العضوية وهى المكون الأساسى للغذاء ممثلة فى المواد الكربوهيدراتية والبروتينات والدهون إلى وحدات أو جزيئات يمكن امتصاصها فى خلايا الأمعاء، ومنها تنتقل عن طريق الدم إلى كل خلايا الجسم لكى تتم الاستفادة منها. أما بالنسبة للهضم داخل الخلايا **intracellular digestion** فهى عملية بدائية حيث تتم فى الحيوانات اللافقارية السفلى مثل الأوليات والإسفنجيات وفيها يتم الهضم كاملا داخل الخلية حيث تحاط جزيئات المادة الغذائية داخل الفجوة الغذائية ثم يتم التهامها بطريقة الالتهام **phagocytosis** والتى تختلط بالإنزيمات الهاضمة حيث يمكن الاستفادة منها مباشرة بعد عملية الهضم (شكل ٣-٣). وهنا تجدر الإشارة إلى أنه فى بعض الحيوانات مثل الديدان المفلطحة والديدان الخيطية قد يتم الهضم داخل وخارج الخلية أيضا.



شكل (٣ ـ ٣) عملية الالتهام
Phagocytosis

عمل الإنزيمات الهاضمة Action of digestive enzymes

إن الإنزيمات تلعب دورا أساسيا فى عملية الهضم حيث تساعد فى تكسير روابط كيميائية فى جزيئات المواد الغذائية المعقدة لكى يتم تحويلها إلى مواد أبسط يسهل انتقالها من خلال أغشية خلايا الأمعاء. وجميع الإنزيمات الهاضمة تتبع مجموعة إنزيمات

التحلل المائى hydrolytic enzymes حيث يتفكك جزىء المادة الغذائية إلى العديد من الوحدات البسيطة بواسطة التحلل المائى hydrolysis، وذلك بتكسير رابطة كيميائية ودخول عنصرى الماء (OH, H) كما هو موضح فى التفاعل التالى:

$$R' - R + H_2O \xrightarrow{\text{Digestive enzymes}} R' - OH + H - R$$

وفى هذا التفاعل فالمركب R`-R يمثل جزىء المادة الغذائية والتى يتم انشطارها إلى جزيئين R`-OH, H-R وذلك بمساعدة إنزيم من إنزيمات الهضم، فعلى سبيل المثال البروتينات سوف يتم هضمها إلى الأحماض الأمينية، والكربوهيدرات إلى أحاديات التسكر، والدهون إلى أحماض دهنية وجلسيرول. ولكل مجموعة من هذه المركبات الإنزيمات الخاصة بها، وينظم إفراز الإنزيمات الهاضمة كل من الجهاز العصبى والهرمونات وسوف يقتصر الحديث هنا عن عمليات الهضم التى تتم فى الثدييات ممثلة بالإنسان.

تركيب الجهاز الهضمى فى الإنسان

Structure of human digestive system

يتركب الجهاز الهضمى فى الإنسان من القناة الهضمية **gastrointestinal tract** والتى تتكون من الفم **mouth** والبلعوم **pharynx** والمرىء **oesophagus** والمعدة **stomach** والأمعاء الدقيقة **small intestine** (التى تتكون من الإثنى عشر **duodenum** والمعى الصائم **jejunum** واللفائفى **ileum**) والأمعاء الغليظة **large intestine** والشرج **anus**. هذا بالإضافة إلى ملحقات القناة الهضمية والمرتبطة جميعها بوظائف إفرازية وهى الغدد اللعابية **salivary glands** والبنكرياس **pancreas** والكبد **liver** والحويصلة المرارية **gallbladder** (شكل ٣-٤).

وجدار القناة الهضمية له سطحان أحدهما مواجه لفراغ القناة الهضمية ويسمى السطح المخاطى **mucosal** والآخر يكون مواجها للدم ويطلق عليه اسم السطح المصلى أو المشيمى **serosal**. ويتركب الجدار من ثلاث طبقات وهى بالترتيب بدءا من تجويف القناة الهضمية:

١- الطبقة المخاطية **mucosal layer** والتى تحتوى على الخلايا الطلائية **epithelial cells**، والصفيحة الأصلية **lamina propria** والعضلية المخاطية **muscularis mucosa**. تقوم الخلايا الطلائية بوظيفتى الإفراز والامتصاص، أما

الصفيحة الأصلية فتشتمل على نسيج ضام بالإضافة إلى احتوائها على أوعية دموية وليمفية، والعضلية المخاطية تشتمل على ألياف عضلية ملساء والتى يؤدى انقباضها إلى تغيرات فى شكل ومساحة سطح الخلايا الطلائية.

٢ـ الطبقة التحت مخاطية **submucosal layer** والتى تحتوى على مادتى الكولاجين **collagen** والإيلاستين **elastin**، وأيضا عدد من الغدد **glands** بالإضافة إلى الأوعية الدموية المغذية للقناة الهضمية.

٣ـ الطبقة العضلية **musculosa** وهى المسئولة عن حركة القناة الهضمية والمستمدة من وجود نوعين من العضلات الملساء هى العضلات الدائرية **circular muscles** والعضلات الطولية **longitudinal muscles**. أما عن الإمدادات العصبية للقناة الهضمية فتوجد ضفيرتان **plexuses** تحتوى على الأعصاب التى تُغذى القناة الهضمية وهما الضفيرة تحت المخاطية **submucosal plexus** وتوجد بين طبقة تحت المخاطية وطبقة العضلات الدائرية والأخرى تسمى ضفيرة البطانة العضلية **myenteric plexus** وتقع بين طبقتى العضلات الدائرية والطولية (شكل ٣-٥).

الإمداد العصبى للقناة الهضمية Innervation of the gastrointestinal tract

إن التنظيم العصبى لعمل القناة الهضمية يتم عن طريق الجهاز العصبى اللاإرادى **autonomic nervous system**، والذى يشتمل على جزئين هما جزء خارجى **extrinsic component** وهذا يتكون من الأعصاب السمبتاوية **sympathetic nerves** والجارسمبتاوية **parasympathetic nerves** المتصلة بالقناة الهضمية، هذا بالإضافة إلى الجزء الداخلى **intrinsic component** والذى يطلق عليه الجهاز العصبى المعوى **enteric nervous system** وهذا يوجد فى جدار القناة الهضمية فيما يعرف باسم الضفيرة تحت المخاطية **submucosal plexus** وضفيرة البطانة العضلية **myenteric plexus**.

هرمونات المعدة والأمعاء Gastrointestinal hormones

إن التنظيم الهرمونى لعمل الجهاز الهضمى يتم عن طريق مجموعة من هرمونات المعدة والأمعاء والتى يتم إفرازها نتيجة منبه أو إشارة **stimulus** فسيولوجية، ووظيفة هذه الهرمونات ليست مرتبطة بأى نشاط عصبى، وسنذكر هنا أربعة هرمونات معروفة ومحددة الوظيفة وهى الجاسترين **gastrin**، والكولى سيستوكينين **cholecystokinin**، والسكريتين **secretin** والببتيد المثبط للمعدة **gastric inhibitory peptide**، والجدول رقم (٣-٣) يوضح ملخصا لعمل هذه الهرمونات.

جدول (٣-٣) ملخص لهرمونات الجهاز الهضمى
Summary of gastrointestinal hormones

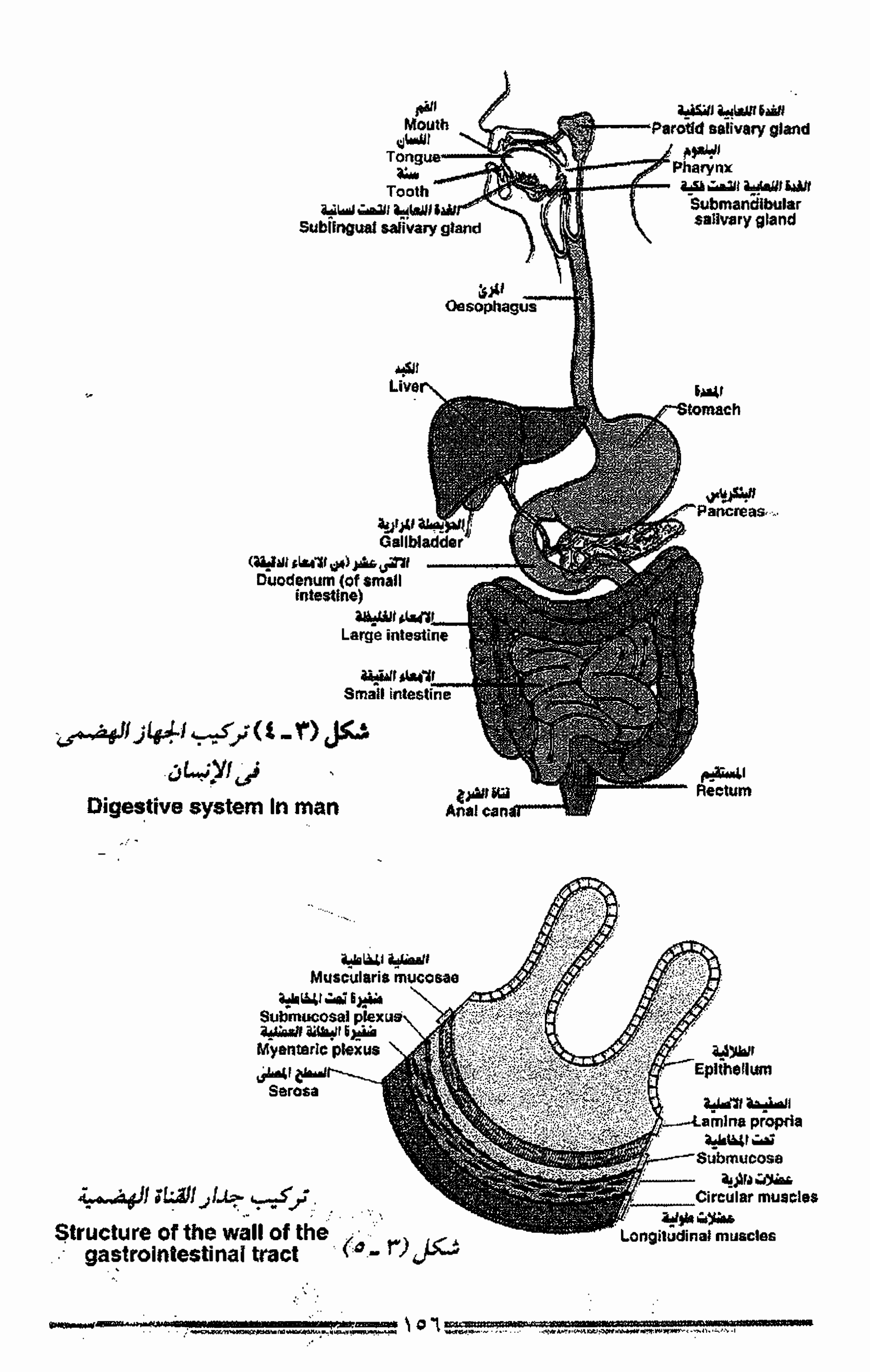
الهرمون Hormone	مكان الإفراز Site of secretion	منبهات الإفراز Stimuli for secretion	الوظائف Actions
الجاسترين Gastrin	خلايا G فى المعدة	- تكون الببتيدات الصغيرة والأحماض الأمينية فى المعدة. - انتفاخ المعدة distention - تنبيه العصب الحائر.	- زيادة إفراز حامض المعدة. - يحفز نمو مخاطية المعدة
الكولى سيستوكينين Cholecystokinin (CCK)	الإثنى عشر والمعى الصائم	وجود الببتيدات الصغيرة والأحماض الأمينية وأيضا الأحماض الدهنية فى الأمعاء	- زيادة إفراز العصارة البنكرياسية - يحفز انقباض الحويصلة المرارية. - يحفز نمو خلايا غدد البنكرياس القنوية. - يثبط تفريغ محتويات المعدة.
السكرتين Secretin	الإثنى عشر	- زيادة الحموضة فى الإثنى عشر. - وجود أحماض دهنية فى الاثنى عشر	- زيادة إفراز العصارة البنكرياسية المحتوية على البيكربونات. - زيادة إفراز عصارة الصفراء الغنية بالبيكربونات. - تقليل إفراز الحامض من المعدة.
الببتيد المثبط للمعدة Gastric inhibitory peptide (GIP)	الاثنى عشر والمعى الصائم	وجود الأحماض الدهنية والأحماض الأمينية والجلوكوز	- زيادة إفراز الانسولين من خلايا بيتا فى البنكرياس. - تقليل إفراز الحامض المعدى.

Functions of gastrointestinal secretions إفرازات القناة الهضمية ووظائفها

يُفرز فى تجويف القناة الهضمية خمسة أنواع من الإفرازات والمحتوية على إنزيمات هاضمة ومخاط، وهذه الإفرازات هى:

١- اللعاب saliva ويُفرز فى تجويف الفم بواسطة ٣ أزواج من الغدد اللعابية.

٢- العصارة المعدية gastric juice وتُفرز بواسطة خلايا غدد الطبقة المخاطية فى المعدة.



شكل (٣ - ٤) تركيب الجهاز الهضمي في الإنسان

Digestive system in man

شكل (٣ - ٥) تركيب جدار القناة الهضمية

Structure of the wall of the gastrointestinal tract

٣- العصارة البنكرياسية **pancreatic juice** وتُفرز بواسطة خلايا الغدد القنوية للبنكرياس **exocrine cells of pancreas** فى الإثنى عشر.

٤- العصارة المعوية **intestinal juice** وتُفرز بواسطة خلايا غدد الطبقة المخاطية فى الأمعاء.

٥- العصارة الصفراوية **bile** تُصنع وتُفرز من الكبد وتُخزن فى الحويصلة المرارية **gallbladder**.

والجدول رقم (٣-٤) يوضح خصائص هذه الإفرازات.

الهضم فى الفم Digestion in mouth

تبدأ عمليات الهضم فى الفم أثناء مضغ الطعام وتؤدى هذه العملية ثلاث وظائف هى:

١- خلط الطعام باللعاب وبالتالى يسهل بلعه.

٢- تقليل حجم أجزاء الطعام وهذا يساعد أيضا فى عملية البلع.

٣- اختلاط المواد الكربوهيدراتية الموجودة فى الغذاء بإنزيم الإميليز اللعابى وبالتالى يبدأ هضمها فى الفم.

ويوجد فى الإنسان ثلاثة أزواج من الغدد اللعابية وهى الغدتان النكفيتان **parotid glands**، والتحت فكية **submandibular glands**، والتحت لسانية **sublingual glands** (شكل ٣-٦). ويتم إفراز اللعاب بناء على شم رائحة أو رؤية أو تذوق الطعام بتأثير انعكاسات عصبية **reflexes** والتى تبدأ من براعم التذوق **taste buds** والمحتوية

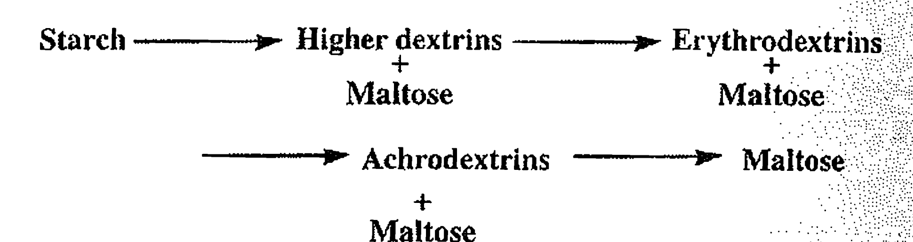
شكل (٣-٦) الغدد اللعابية فى الإنسان
Salivary glands in man

جدول (٣-٤) ملخص لإفرازات القناة الهضمية
Summary of gastrointestinal secretions

الإفراز Secretion	خصائص الإفراز Characteristics of secretion	العوامل التى تساعد على زيادة الإفراز Factors that increase secretion	العوامل التى تؤدى إلى نقص الإفراز Factors that decrease secretion
اللعاب Saliva	يحتوى على نسبة عالية من البيكربونات والبوتاسيوم. وايضا يحتوى على إنزيم الأميليز اللعابى والليبيز اللسانى lingual lipase	الجهاز العصبى الجارسمبتاوى وايضا السمبتاوى	النوم والجفاف وعقار الاتروبين
العصارة المعدية Gastric juice	تحتوى على حامض الهيدروكلوريك HCl والبيسينوجين والعامل الداخلى intrinsic factor	الجاسترين والاستيل كولين والهيستامين الجهاز العصبى الجارسمبتاوى	زيادة حموضة المعدة. وجود الكيموس Chyme فى الإثنى عشر. وايضا عقار الاتروبين
العصارة البنكرياسية Pancreatic juice	تحتوى على نسبة عالية من البيكربونات إنزيمات الليبيز والأميليز وانزيمات هاضمة للبروتينات proteases	السكريتين secretin والكولى سيستوكينين CCK الجهاز العصبى الجارسمبتاوى الكولى سيستوكينين CCK والجهاز العصبى الجارسمبتاوى	
العصارة الصفراوية Bile	تحتوى على املاح الصفراء bile sats والبليريوبين bilirubin والفوسفوليبيدات phospholipids والكولستيرول cholesterol	الكولى سيستوكينين CCK (انقباض الحويصلة المرارية) الجهاز العصبى الجارسمبتاوى	قطع اللفائفى ileal resection
العصارة المعوية Intestinal juice	تحتوى على البيكربونات وإنزيمات هضم ثنائيات التسكر disaccharidases	الجهاز العصبى الجارسمبتاوى	

على مستقبلات التذوق **taste receptors**، حيث تنتقل الإشارات العصبية خلال العصبين الثامن والتاسع إلى النخاع المستطيل، ورجوعا خلال نفس الأعصاب إلى الغدد اللعابية. ويُفرز اللعاب أيضا بين الوجبات الغذائية بكميات تسمح ببقاء الفم رطبا مبللاً. وفي الإنسان البالغ يُفرز حوالى لتر من اللعاب يوميا. وإفراز اللعاب يكون تحت سيطرة الجهاز العصبى اللاإرادى حيث يزيد إفراز اللعاب بزيادة نشاط كل من الجهاز العصبى الخارسمبتاوى والجهاز السمبتاوى. ويحتوى اللعاب على حوالى ٩٩,٥٪ ماء، ٠,٢٪ مواد غير عضوية، ٠,٣٪ مواد عضوية. ومن أهم المواد غير العضوية الموجودة فى اللعاب أملاح الكالسيوم، والتى تتحد مع مواد عضوية وتترسب عند قواعد الأسنان وتسبب اصفرارها. أما المواد العضوية الموجودة في اللعاب فمن أهمها إنزيم الأميليز اللعابى وإنزيم المالتيز **maltase** وإنزيم الليسوزيم **lysozyme** والذى يهضم عديدات السكر الموجودة فى البكتيريا فيؤدى إلى قتل عدد منها وبعض البروتينات كالألبيومين والجلوبيولين.

وإنزيم الأميليز اللعابى يساعد فى هضم النشا كما هو واضح من المعادلة التالية:



وبعد بلع الطعام واختلاطه بالعصارة المعدية فإن إنزيم الأميليز اللعابى لا يمكنه هضم أكثر من ٣٠٪ من النشا الموجود فى المادة الغذائية حيث إن الحامض الموجود فى العصارة المعدية يعمل على تثبيط إنزيم الأميليز اللعابى إذ إن الرقم الهيدروجينى الأمثل لهذا الإنزيم **optimum pH** حوالى ٦,٦ لذا فسوف يُكمل هضم النشا بعد ذلك إنزيم الأميليز البنكرياسى فى الأمعاء الدقيقة.

وظائف اللعاب Functions of saliva

١- يساعد اللعاب على بلع الطعام.

٢- يساعد اللعاب أيضا على الكلام فعند جفاف الفم يصعب النطق، وهذا يحدث عند الانفعال أو الخوف.

٣- يؤدى اللعـاب دورا مطهـرا للفم حـيث إنه يحـتوى على إنزيم الـليسـوزيم **lysozyme** الذى يهضم عديدات التسكر داخل الخلايا البكتـيرية، كما أنه يعمل على تنظيف الفم من بقايا الطعام.

٤- لاحـتواء اللعـاب على إنزيم الأميلـيز؛ لذا فـإنه يؤدى دورا فى هضم المواد الكربوهيدراتية وخاصة النشا.

٥- يعمل اللعـاب على تنظيم المحتـوى المائى فى الجسم، فإذا قل هذا المحـتوى المائى **dehydration** نتيـجة الإسهـال أو زيادة البول أو العرق فـعندئذ يقل إفراز اللعـاب ويجف الفم، وهذا يؤدى إلى الإحساس بالعطش والرغـبة فى الشرب لإعادة المحتوى المائى للجسم إلى ما كان عليه.

٦- قد يؤدى اللعـاب دورا فى عملية الإخـراج مع أنه يعاد بلعه بعـد إفرازه فى تجويف الفم حـيث إن كثيـرا من العقاقـير والأدوية التى تُستـعمل فى بعض الحـالات المرضيـة تخرج مع اللعـاب. أيضـا يخرج مع اللعـاب بعض المواد الإخراجية مثل البولينا عند زيادتها فى الدم.

الهضم فى المعدة Digestion in stomach

يُنقل الطعـام من الفم عبـر البلعـوم والمرىء إلى المعدة التى تعـد مكانا لاختـزان وخلط وهضم الطعام. ويتم إفـراز حوالى ٣ لترات يوميا من العـصارات المعدية بواسطة غدد أنبوبية من جدار المعدة. ويبطن هذه الغدد عدة أنواع من الخلايا (شكل ٣ ـ ٧):

(١) خـلايا تسمـى الخلايا الجـدارية **parietal cells** وهى المسـئولة عن إفـراز حامض الهيدروكلوريك **HCl** والعامل الداخلى **intrinsic factor**.

(٢) خلايا تسمى الخلايا الرئيسية **chief cells** أو الخلايا الهاضمة **peptic cells** والتى تقوم بإفراز البيسينوچين.

(٣) خلايا چى **G cells** وهى المسئـولة عن تكوين هرمون الجاسـترين **gastrin** الذى يتجه إلى الدم.

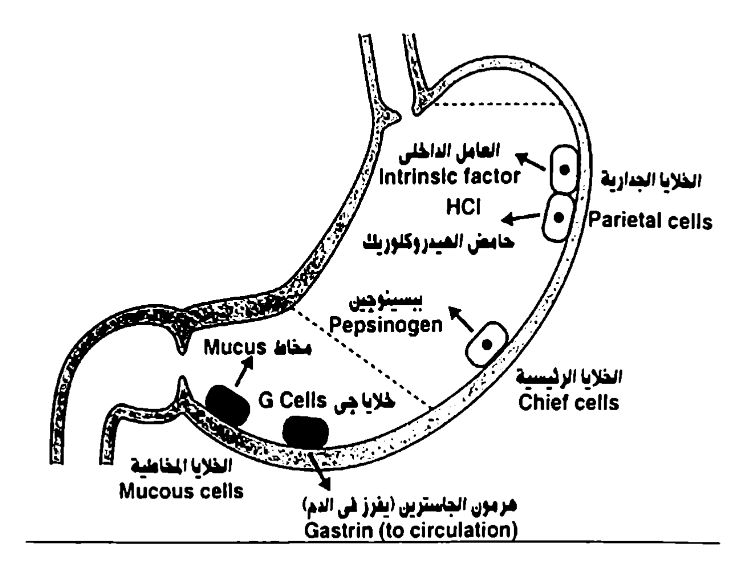
(٤) الخلايا التـى تُكَون المخاط **mucus** لذا تسـمى الخلايا المخـاطية **mucous cells**. ومن هنا فإن المحتويات الأربعة الرئيسية للعصارة المعدية هى:

أ- حامض الهيدروكلوريك **HCl**.

ب- البيسينوچين **pepsinogen**.

جـ- العامل الداخلى **intrinsic factor**.

د- المخاط **mucus** .



شكل (٣ـ٧) *إفرازات الخلايا المختلفة فى المعدة*

Secretory products of various gastric cells

كيفية تصنيع وإفراز حامض الهيدروكلوريك

Mechanism of synthesis and secretion of HCl

يتضح من الشكل رقم (٣-٨) أن أسطح أغشية الخلايا الجدارية للغدد المعدية والمواجهة لتجويف المعدة تحتوى على قنوات خاصة **[Cl⁻channels]** لمرور أيونات الكلورين وأيضا على نواقل لمساعدة انتقال الهيدروچين من الخلايا إلى فراغ المعدة وانتقال البوتاسيوم فى الاتجاه المضاد، بينما أسطح أغشية هذه الخلايا الجدارية المواجهة لتيار الدم تحتوى على نواقل لإتمام مضخة الصوديوم والبوتاسيوم عكس فرق التركيز بالإضافة إلى نواقل لتبادل انتقال أيونات كل من الكلورين والبيكربونات **Cl^--HCO_3^- exchangers** هذا إلى جانب احتواء الخلايا نفسها على إنزيم يساعد على ارتباط وتفكك ثانى أكسيد الكربون بالماء **carbonic anhydrase**.

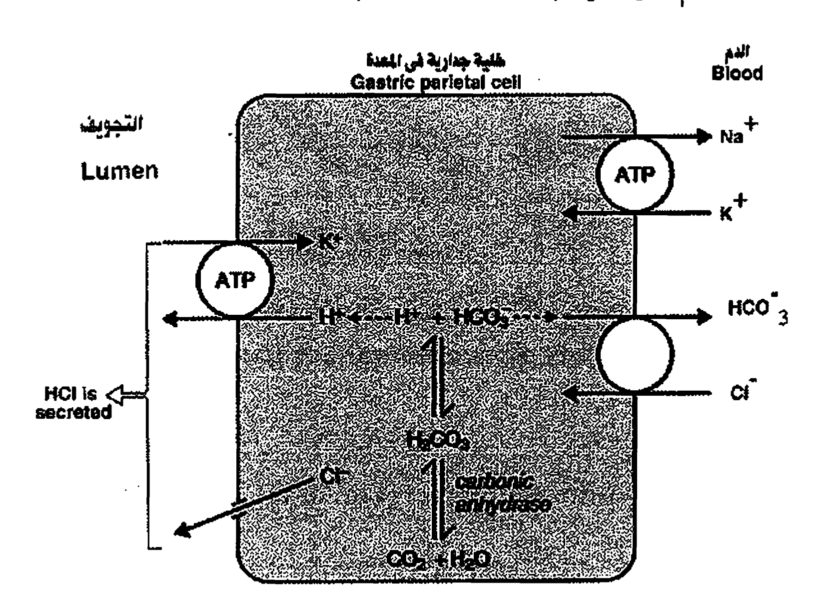
وظائف حامض الهيدروكلوريك المعدى Functions of gastric HCl

١- يُنشط الحامض المعدى الببسينوچين والذى تفرزه الخلايا الرئيسية فى صورة غير نشطة ويحوله إلى إنزيم البيسين النشط.

٢- الحامض المعدى ضرورى لعمل إنزيم البيسين والذى يعمل فى وسط حامضى عند رقم هيدروچيني بين ١,٦-٢,٤ pH optimum ranged between 1.6-2.4.

٣- يقلل الحامض من التأثير الضار للعديد من الميكروبات التى تصل إلى المعدة مع الغذاء.

٤- يعمل الحامض على تجبن اللبن فى المعدة مما يعطى فرصة لإنزيم البيسين لهضم جزء من بروتينات اللبن الذى يتناوله الإنسان.



شكل (٣-٨) آلية إفراز حامض الهيدروكلوريك من الخلايا الجدارية فى المعدة
Mechanism of HCl secretion by gastric parietal cells

إنزيمات عصارة المعدة Gastric juice enzymes

١- إنزيم البيسين Pepsin

تحتوى عصارة المعدة على واحد من أقوى الإنزيمات الهاضمة للبروتينات وهو إنزيم البيسين **pepsin** والذى كما أشرنا سابقا يُفرز من الخلايا الرئيسية من الغدد المعدية فى صورة غير نشطة ويسمى ببسينوچين ثم يتحول إلى الصورة النشطة ببسين بواسطة الحامض المعدى. وأثناء وجود الغذاء فى المعدة يساعد هذا الإنزيم فى هضم جزء من بروتينات الطعام. ومن المعروف أن إنزيم البيسين يقوم بتكسير الروابط الداخلية فى

جزيئات البروتينات حيث يقوم بتحويلها إلى مركبات أقل تعقيدا يطلق عليها عديدات الببتيدات polypeptides، كما أن هذا الإنزيم لا يستطيع هضم كل جزيئات البروتينات نظرا لانتقال الطعام إلى الأمعاء حيث يتأثر بالوسط القاعدى نتيجة وجود مادة البيكربونات التى تصل إلى الأمعاء مع العصارة البنكرياسية والعصارة الصفراوية؛ لذا سوف يكتمل هضم البروتينات فى منطقة الأمعاء بتأثير إنزيمات لها القدرة على الهضم فى وسط قلوى والتى تُفرز من البنكرياس والغدد المعوية.

$$\text{Pepsinogen} \xrightarrow{\text{HCl}} \text{Pepsin}$$

$$\text{Proteins} \xrightarrow{\text{Pepsin}} \text{Polypeptides}$$

٢- إنزيم الليبيز المعدى Gastric lipase

تُفرز الغدد الرئيسية فى المعدة كمية ضئيلة من إنزيم الليبيز المعدى والذى له تأثير ضعيف جدا على هضم الدهون الذى يحتاج أولا لتحويلها إلى مستحلب وهذا لا يتم إلا فى الإثنى عشر بعد اختلاط الدهون الموجودة فى الغذاء مع العصارة الصفراوية التى تصل من الكبد أو الحويصلة المرارية إلى الأمعاء.

٣- إنزيم الرينين Rennin

من الثابت الآن أن هذا الإنزيم غير موجود فى معدة الإنسان، ولكن يوجد فى معدة الحيوانات الصغيرة والتى تقوم بالرضاعة من ثدى الأم وفى معدة الحيوانات المجترة. يعمل هذا الإنزيم على تجبن اللبن فى وجود أيونات الكالسيوم، وبذلك يتم ترسيب بروتينات اللبن وعندئذ يقوم إنزيم الببسين بهضمها.

وظيفة العامل الداخلى Intrinsic factor function

إلى جانب الإنزيمات السابقة التى تفرزها الخلايا الرئيسية فإن الخلايا الجدارية تقوم بإفراز مادة كيميائية يُطلق عليها اسم العامل الداخلى intrinsic factor حيث يكون له دور رئيسى فى امتصاص فيتامين ب١٢ vitamin B_{12} فى منطقة اللفائفى.

وظيفة المخاط Mucus action

تُفرز الخلايا المخاطية الموجودة فى جدار المعدة مادة عضوية يطلق عليها اسم المخاط mucus حيث يؤدى وظيفة هامة للمعدة وهى معادلة الحامض المعدى. ومن هنا يُعتبر المخاط مادة واقية لطبقة الخلايا المخاطية المبطنة للمعدة؛ ولذا فمن المعروف أنه

عندما يُفــرز المخاط بكميات غــير كافية فــقد يؤدى ذلك إلى حدوث تآكل فى مــخاطية المعدة وهذا يُعرف باسم قرحة المعدة **peptic ulcer**، وذلك نتيجة تأثير كل من الحامض المعدى وإنزيم البپسين على الغشاء المخاطى المبطن للمعدة.

الهضم فى منطقة الأمعاء

تنتقل المادة الغذائية مختلطة بالعصــارة المعدية من المعدة إلى الأمعاء بفعل انقباض العضلات الملساء الموجودة فى جدار المعدة. ومن المعروف أن الحركة الرئيسية لجدار المعدة هى الحركة الدودية **peristaltic movement**، وعلى ذلك فعند وصــول المادة الغذائية إلى الجزء الأول من الأمــعاء والمعروف باسم الإثنى عــشر **duodenum** يختلط بنوعين من العــصــارة همــا العصــارة البنكرياســية **pancreatic juice** والتى يقــوم بإفرازها البنكرياس والعصــارة الصفراوية والمعروفة بــاسم الصفراء **bile**، والتى تصل إلى الإثنى عشر من الكبد الذى يقوم بتصنيعها أو من الحويصلة المرارية التى تقوم بتخزينها. ويُطلق على المادة الغــذائية عند اخــتلاطهــا بهــذه العصــارات فى الإثنى عشــر اسم الكيمــوس **chyme**. وعند اختلاط الكيمــوس بالعصارة البنكرياسية والصفراء يتم مــعادلة حموضة المعدة أى يرتفع الرقم الهيــدروچينى إلى أعلى من ٧ نتيجة احتواء كلتــا العصارتين على نسبة عالية من مادة البيكربونات، وهذا يساعد على إتمام عمليات هضم الغذاء فى منطقة الأمعاء، حــيث إن جميع الإنزيمات التى تعمل فى منطقة الأمــعاء ذات رقم هيدروچينى يقترب من الوسط المتعادل أو قليل القــاعدية (الرقم الهيدروچينى أعلى من ٧). وسوف يُكمل عمليــات الهضم فى الأمعاء العــصارة المعوية **intestinal juice** والتى تُفرز من غدد الأمعاء نفسها.

العصارة البنكرياسية Pancreatic juice

تُعتبــر العصارة البنكرياسية من أهم العــصارات الهاضمة لاحــتوائها على إنزيمات تساعد فى هضم المركبات العضوية الرئيسية الموجودة فى الغذاء وهى المواد الكربوهيدراتية والبروتينات والدهون، هذا بالإضــافة إلى احتــوائها على مادة البــيكربونات والتى أشرنا إلى وظيفتها من قبل. وإنزيمات العصارة البنكرياسية هى:

١ - إنزيم التربسين Trypsin

يُفــــرز هذا الإنزيم فى صــورة غـــير نشطــة ويطلق عليــه اسم تربســـينوچين **trypsinogen**، والذى يتــحول إلى الصــورة النشطة تربسين فى الأمعــاء بواسطة إنزيم يسمى الإنتــيروكــاينيز **enterokinase** يُفــرز من غدد الأمعــاء، هذا بالإضافــة إلى أن التــربسين النــشط يقــوم بتنشــيط التــربـــسينوچين وهذا يعــرف باسم التــنشــيط الذاتى

autoactivation، وإنزيم التربسين يُكمل هضم البروتينات الذى بدأ فى المعدة بواسطة إنزيم الببسين.

٢- إنزيم الكيموتربسين Chymotrypsin

هذا الإنزيم يُفرز أيضاً فى صورة غير نشطة ويُسمى كيموتربسينوجين chymotrypsinogen والذى يتحول إلى الصورة النشطة بواسطة إنزيم التربسين وهذا الإنزيم يساعد فى هضم البروتينات بمعنى أنه يكمل عمل كل من الببسين والتربسين.

٣- إنزيم الكربوكسى ببتيديز Carboxypeptidase

يساعد هذا الإنزيم فى هضم البروتينات بتكسير الروابط الببتيدية الطرفية القريبة من مجموعة الكربوكسيل وذلك فى أى سلسلة ببتيدية فى جزىء البروتين.

٤- إنزيم الأميليز البنكرياسى Pancreatic amylase

يُكمل هذا الإنزيم هضم النشا الذى بدأ فى الفم عن طريق الأميليز اللعابى.

٥- إنزيم الليبيز البنكرياسى Pancreatic lipase

يقوم هذا الإنزيم بهضم المادة الدهنية إلى أحماض دهنية fatty acids وجلسيرول glycerol، وذلك بعد تحويلها إلى مستحلب emulsion بواسطة الصفراء التى تأتى من الكبد أو الحويصلة المرارية.

٦- إنزيم الكولستيرول إسترهيدروليز Cholesterol ester hydrolase

يُفرز هذا الإنزيم فى صورة نشطة ويعمل على تحويل مركبات إسترات الكولستيرول cholesterol ester إلى كولستيرول وأحماض دهنية، وهذا الإنزيم يؤثر أيضاً فى روابط الإستر لمركبات ثلاثى الجلسريدات triglycerides وينتج عن ذلك الأحماض الدهنية والجلسيرول.

$$\text{Cholesterol ester} \xrightarrow[\text{hydrolase}]{\text{Cholesterol ester}} \text{Cholesterol + Fatty acids}$$

$$\text{Triglycerides} \xrightarrow[\text{hydrolase}]{\text{Cholesterol ester}} \text{Fatty acids + Glycerol}$$

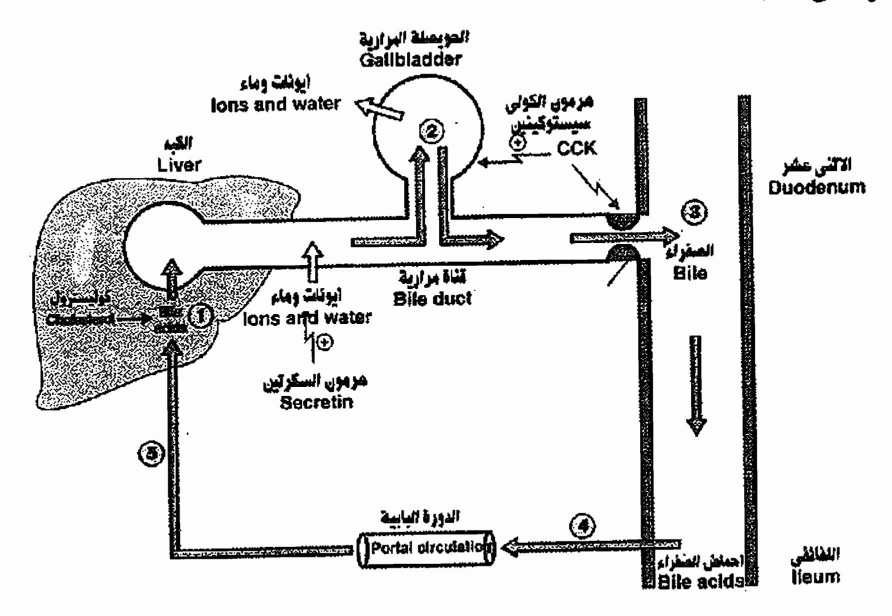
٧- إنزيم الفوسفوليبيز Phospholipase

يُفرز هذا الإنزيم فى صورة غير نشطة ويقوم إنزيم التربسين على تنشيطه حيث يؤثر الإنزيم النشط فى تحويل الفوسفوليبيدات phospholipids إلى الليسولسيثين lysolecithin وأحماض دهنية.

$$\text{Phospholipids} \xrightarrow{\text{Phospholipase}} \text{Lysolecithin + Fatty acids}$$

العصارة الصفراوية Bile

يقوم الكبد بتصنيع وإفراز العصارة الصفراوية والتى تعرف باسم الصفراء والتى تُختزن فى الحويصلة المرارية **gallbladder**. والكبد يعتبر أكبر غدة قنوية فى الجسم ويوجد تحت الحجاب الحاجز مباشرة. وتتكون المادة العضوية فى الصفراء من حوالى ٥٠٪ أحماض **bile acids** و٢٪ أصباغ **bile pigments** مثل البيليريوبين **bilirubin** و٤٪ كولستيرول **cholesterol** و٤٠٪ فوسفوليبيدات **phospholipids** هذا بالإضافة إلى احتواء الصفراء على الماء والإلكتروليتات **electrolytes**. ويعمل الكبد على ربط أحماض الصفراء **bile acids** بالحامض الأمينى الجليسين **glycine** أو التورين **taurine** لتكوين أملاح الصفراء **bile salts**. والشكل رقم (٣-٩) يوضح إفراز ودورة أحماض الصفراء فى الكبد.



شكل (٣-٩) *إفراز ودورة أحماض الصفراء فى الكبد*

Secretion and enterohepatic circulation of bile acids

العصارة المعوية Intestinal juice

تُفرز غدد الأمعاء الدقيقة عصارة معوية تحتوى على مادة البيكربونات والتى تساعد فى معادلة حموضة المعدة بالإضافة لوجود إنزيمات هاضمة وهى جزء من أغشية الخملات للأمعاء الدقيقة **intestinal brush-border enzymes**. ومن هذه الإنزيمات:

١- إنزيم الأنتيروكاينيز **enterokinase** الذى يساعد فى تحويل التربسينوچين غير النشط إلى إنزيم التربسين النشط.

٢- مجموعة من الإنزيمات التى تساعد فى هضم البروتينات **proteases** منها:

أ - إنزيم الأمينوببتيديز **aminopeptidase** والذى يعمل على تكسير الرابطة الببتيدية الطرفية والقريبة من مجموعة الأمين NH_2 - وذلك فى سلسلة قصيرة من الببتيدات **oligopeptides**.

ب- إنزيم ثنائى الببتيديز **dipeptidase** والذى يعمل على تكسير الرابطة الببتيدية التى تربط بين اثنين من الأحماض الأمينية فى مركب ثنائى الببتيد.

٣- إنزيمات هضم ثنائيات التسكر والمعروفة باسم السكريديز الثنائية **disaccharidases** والتى تعمل على تكسير ثنائيات التسكر إلى أحاديات التسكر مثل:

أ - إنزيم السكريز **sucrase** والذى يُحول السكروز إلى جلوكوز وفراكتوز.

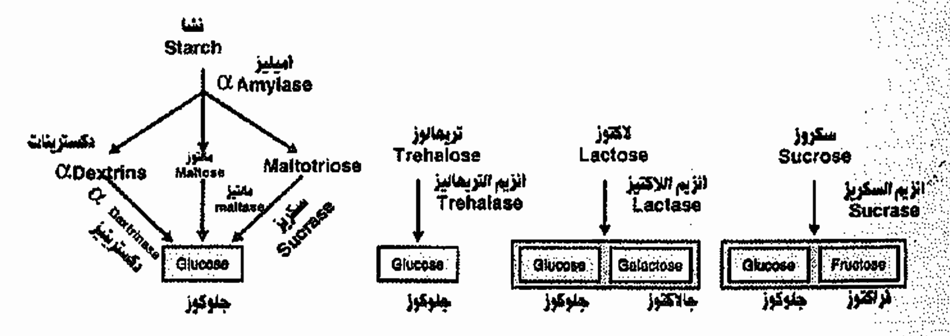
ب- إنزيم اللاكتيز **lactase** والذى يحول اللاكتوز إلى جلوكوز وجالاكتوز.

جـ- إنزيم المالتيز **maltase** والذى يحول المالتوز إلى جلوكوز.

د - إنزيم التريهاليز **trehalase** والذى يحول التريهالوز **trehalose** إلى جلوكوز.

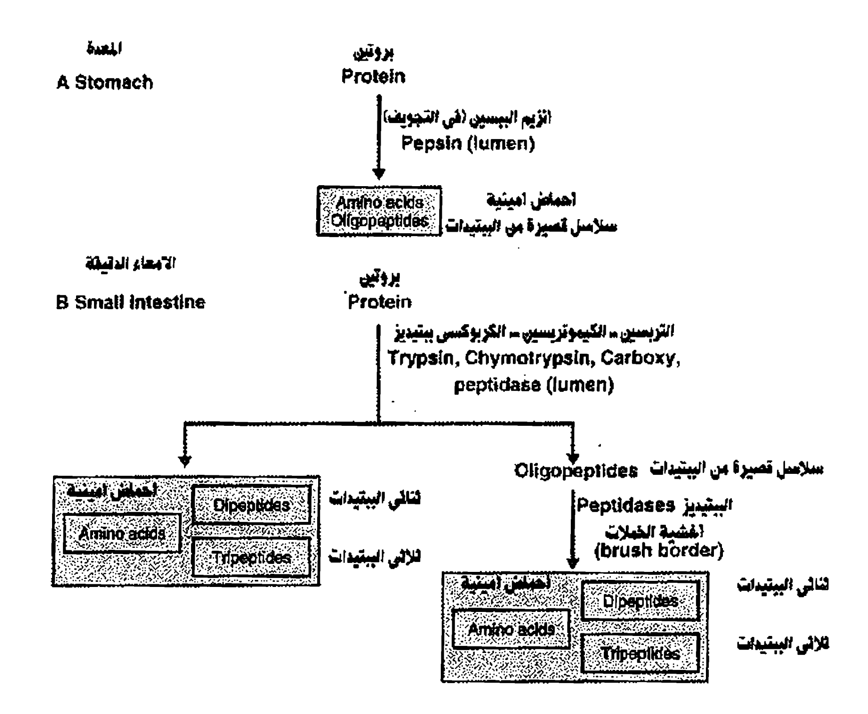
ملحوظة: السكر الثنائى التريهالوز هو سكر ناتج من ارتباط جزيئين من الجلوكوز بين ذرتى الكربون رقم (١) فى كل جزىء ومن أهم مصادره الخميرة **yeasts** والفطريات **fungi**.

والأشكال أرقام (٣-١٠)، (٣-١١)، (٣-١٢) توضح باختصار هضم المواد الكربوهيدراتية والبروتينات والليبيدات على التوالى.



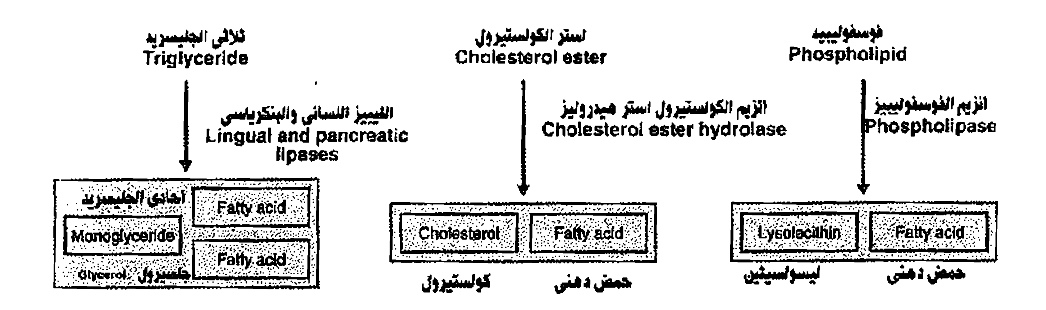
شكل (٣ ـ ١٠) *هضم المواد الكربوهيدراتية*

Digestion of carbohydrates



شكل (٣ ـ ١١) هضم البروتينات فى المعدة (A) والأمعاء الدقيقة (B)

Digestion of protein in the stomach (A) and small intestine (B)



شكل (٣ ـ ١٢) هضم الليبيدات فى الأمعاء الدقيقة

Digestion of lipids in the small intestine

الامتصاص Absorption

تُمتص معظم نواتج الهضم فى الأمعاء الدقيقة حيث توجد الخملات **villi** والتى تزيد من مساحة السطح فى منطقة الأمعاء حيث تنتقل المواد الغذائية بعد هضمها من تجويف الأمعاء إلى الدورة الدموية.

١- امتصاص المواد الكربوهيدراتية Absorption of carbohydrates

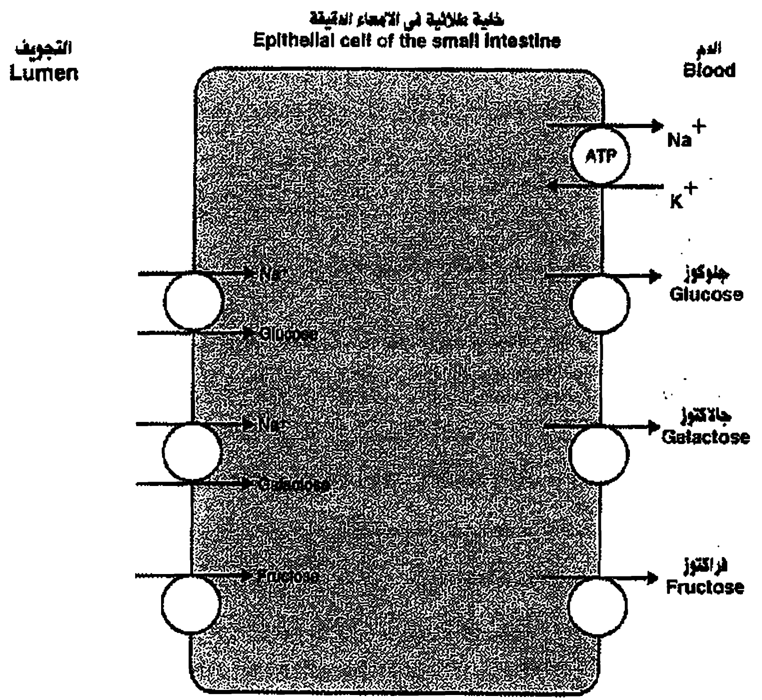
تُمتص المواد الكربوهيدراتية فى الصورة البسيطة المعروفة باسم أحاديات التسكر (جلوكوز، فراكتوز وجالاكتوز) والشكل رقم (٣-١٣) يوضح آلية امتصاص السكريات الأحادية بواسطة الخلايا الطلائية فى منطقة الأمعاء حيث يمتص كل من الجلوكوز والجالاكتوز بالنقل النشط الثانوى **secondary active transport**؛ ولذا فالصوديوم يمر من تجويف الأمعاء إلى خلايا الأمعاء عن طريق النقل المشترك **Na^+-glucose cotransport** وينتقل الجالاكتوز بواسطة **Na^+-galactose cotransport** بينما ينتقل الفراكتوز بطريقة مخالفة حيث يصل إلى الخلايا الطلائية فى منطقة الأمعاء بواسطة الانتشار الميسر **facilitated diffusion** (راجع الفصل الثانى).

٢- امتصاص البروتينات Absorption of proteins

كما يتضح من الشكل (٣-١٤) فإن عملية امتصاص البروتينات تكون فى صورة أحماض أمينية **amino acids**، وأيضا فى صورة ثنائى وثلاثى الببتيدات **dipeptides and tripeptides** فالأحماض الأمينية تنتقل من تجويف الأمعاء إلى الخلايا الطلائية بواسطة **Na^+-amino acid cotransport**، بينما ثنائى وثلاثى الببتيدات فتنتقل أولا إلى الخلايا الطلائية المبطنة للأمعاء بنفس الطريقة ولكن متى أن وصلت إلى خلايا الأمعاء فإنه يتم هضمها إلى أحماض أمينية عن طريق إنزيمات الببتيديزات الموجودة فى سيتوبلازم خلايا الأمعاء **cytosolic peptidases**.

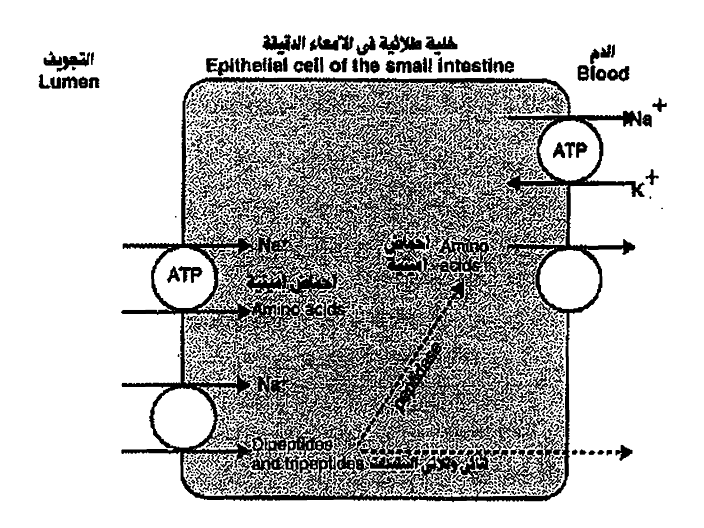
٣- امتصاص الليبيدات Absorption of lipids

تُمتص نواتج هضم الليبيدات بواسطة الانتشار البسيط **simple diffusion** من خلال أغشية الخلايا الطلائية للأمعاء. وفى داخل هذه الخلايا يُعاد اتحاد الكولستيرول بالأحماض الدهنية لتكوين إستر الكولستيرول **cholesterol ester**، وأحاديات الجلسريدات **monoglycerides (MG)** ترتبط مع الأحماض الدهنية لتكوين ثلاثى الجلسريدات **triglycerides (TG)** وكذلك يرتبط الليسولسيثين بالأحماض الدهنية



شكل (٣ ـ ١٣) آلية امتصاص السكريات الأحادية بواسطة الخلايا الطلائية في الأمعاء الدقيقة

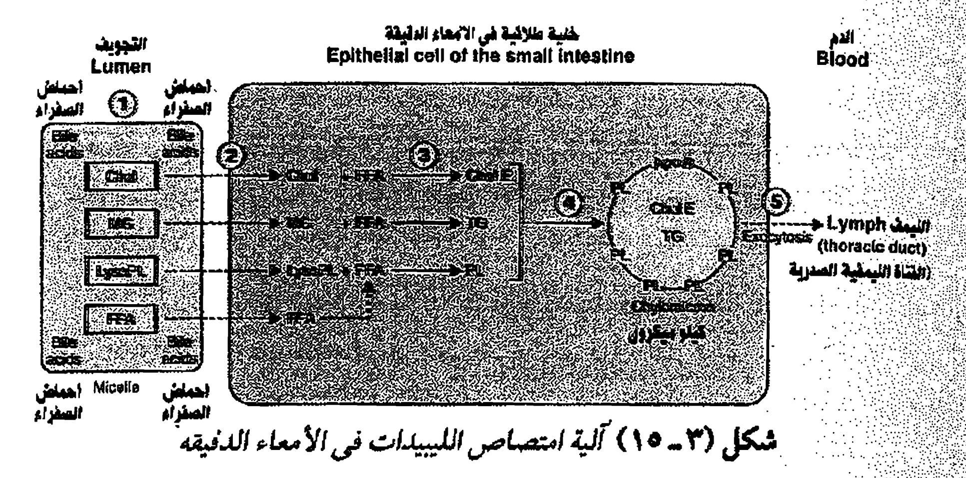
Mechanism of absorption of monosaccharides by epithelial cells of the small intestine



شكل (٣ ـ ١٤) آلية امتصاص الأحماض الأمينية وثنائي وثلاثي الببتيدات في الأمعاء الدقيقة

Mechanism of absorption of amino acids, dipeptides and tripeptides in the small intestine

لتكوين الفوسفوليبيدات **phospholipids (PL)**. هذه المركبات تتحد مع الليبوبروتين **lipoprotein** لتكوين جـزيئـات الكيلومـيكرون **chylomicron** والتي بدورها تمر من خلايا الأمعاء إلى الأوعـية الليمفية ثم تصل إلى الدم عن طريق القناة الليمـفية الصدرية **thoracic duct** (شكل ٣-١٥)



شكل (٣ ـ ١٥) *آلية امتصاص الليبيدات في الأمعاء الدقيقه*

Mechanism of absorption of lipids in the small intestine

ApoB: ليبوبروتين، Chol: كولستيرول، Chole: إستر الكولستيرول، FFA: أحـماض دهنية حرة LysoPL: الليسولـسيثين، MG: أحادي الجلسريدات، PL: الفوسـفوليبيدات، TG: ثلاثي الجلسريدات.

٤- امتصاص الڤيتامينات Absorption of vitamins

كمـا ذكرنا سابقـا عند دراسة الڤـيتامـينات أن بعضـها يذوب في الدهون وهي ڤيتامين أ، د، هـ، ك، والبعض الآخر يذوب في الماء وهي ڤيتامينات المجموعة ب وڤيتامين جـ وهذه تمتص في الماء بسرعة ساعدا ڤيتامين ب١٢، فمع أنه يذوب في الماء إلا أن وزنه الجزيئي كبير جدا؛ لذا يحتـاج امتصاصه لوجود العامل الداخلي **intrinsic factor** والذي يُفرز من الخلايا الجـدارية في المعدة حيث يتحـد كل من العامل الداخلي وڤيتامين ب١٢ ليكونا مركبـا قابلا للامتصاص في خـلايا الأمعاء الدقيقـة، ثم يتحرر الڤيتامين مرة أخـرى داخل الخلايا ويُنقل إلـى الدم. أما الڤـيتـامـينات التي تذوب في الدهون فإن امـتصـاصها يتم بســهولة من خـلال أغشيـة خلايا الأمعـاء ولكن يقل هذا

الامتصاص إذا كان هناك خلل فى امتصاص الدهون أو نقص فى إفراز عصارة الصفراء، ولهـذا قد يـؤدى انسداد القنـاة المرارية (قناة الصـفراء) إلى ظهـور أعـراض نقص هذه المجموعة من الڤيتامينات.

٥- امتصاص الماء والمعادن Absorption of water and minerals

إن معظم امتصاص الماء يتم فى الأمعاء الدقيقة إلا أنه يمكن امتصاص جزء صغير من الماء فى المعدة، وأيضا فـإن الخلايا الطلائية للقولون لها القدرة علـى امتصاص الماء. ويفترض أن حـركة الماء تتم من تجويف القناة الهضمـية إلى الخلايا وذلك لكى لا يكون هناك فرق فى الضغط الأسموزى فعند امـتصاص الأمعاء للمواد الذائبة **solutes** الناتجة من عمليات الهـضم ينشأ فرق فى الضغط الأسمـوزى. وهذا يؤدى إلى انتقال الماء إلى داخل خلايا الأمعاء.

أما المعـادن فإنها تُمتص إمـا بالانتشار البـسيط **simple diffusion** أو الانتشار الميسر **facilitated diffusion**، أى تتم الحركة مع فرق التـركيز، هذا بالإضافة إلى أن النقل النشط **active transport** يلعب دورا هاما فى امتصاص معظم المعادن فى منطقة الأمعاء. وهناك حالات خـاصة لامتصاص بعض المعادن مثل امتـصاص الكالسيوم الذى يعتمد على وجود ڤيتامين (د) حيث إنه من المعروف أن امتصاص الـكالسيوم يقل كثيرا فى غياب هذا الڤيتامين.

الفصل التاسع

الأيض (التمثيل الغذائى)

Metabolism

بعد إتمام عمليات الهضم والامتصاص وانتقال نواتج الهضم إلى الدم تبدأ الاستفادة من هذه المواد داخل خلايا الجسم وهذا هو المقصود بعمليات الأيض. فالمواد التى تصل إلى خلايا الجسم قد تُختزن لحين الحاجة إليها أو يُستفاد بها فى تكوين بروتوبلازم جديد أى لتكوين خلايا وأنسجة جديدة، وذلك أثناء عمليات النمو أو لتعويض الأنسجة التى تبلى، وهذا جزء من عمليات الأيض يسمى عمليات البناء **anabolism**، وقد تستفيد الخلايا من نواتج الهضم للحصول على الطاقة أى يتم أكسدة هذه المواد لتزويد الجسم بالطاقة اللازمة لكل الأنشطة والعمليات الفسيولوجية وهذا ما يُعرف باسم عمليات الهدم **catabolism**، ومن هنا يمكن تعريف الأيض بأنه جميع العمليات الكيميائية التى تحدث أو تتم داخل خلايا الجسم.

أولا: أيض المواد الكربوهيدراتية Carbohydrate metabolism

يعد هضم النشا وغيره من المواد الكربوهيدراتية المعقدة تنتج أحاديات التسكر مثل الجلوكوز والفراكتوز والجالاكتوز والتى يتم امتصاصها فى الأمعاء الدقيقة حيث تصل إلى خلايا الكبد عن طريق الوريد الكبدى البابى ومنه إلى الدورة الدموية العامة. ومن الثابت أنه لا يمكن امتصاص أى جزيئات من عديدات أو ثنائيات التسكر قبل هضمها إلى أحاديات التسكر. ومن هنا فإن أحاديات التسكر تمر فى العديد من العمليات التى يمكن تلخيصها كما يلى:

١- يكَوِّن جزء منها سكر الدم حيث إن مستوى السكر فى الدم يتراوح بين ٨٠-١٨٠ مجم فى كل ١٠٠ سم٣ من الدم. فمن المعروف أنه بعد تناول وجبة غذائية غنية بالمواد الكربوهيدراتية يرتفع سكر الدم ليقترب من الحد الأقصى. وفى الأحوال العادية لا يزيد عن هذا الحد (١٨٠ مجم) ثم يبدأ مستوى السكر فى الانخفاض تدريجيا ولن يتجاوز الحد الأدنى (٨٠ مجم). وإذا نقص السكر فى الدم عن الحد الأدنى فإن ذلك يؤدى إلى اضطراب وظائف أعضاء الجسم المختلفة وخاصة الجهاز العصبى مما يسبب الإغماء وفقدان الوعى، ويشعر الشخص بالإجهاد. ويساعد فى تنظيم مستوى السكر فى الدم عدة هرمونات، كما أن كمية السكر فى الدم تنظم إفراز هذه الهرمونات.

٢- يتحول جـزء منها في الكبد وفي العـضلات إلى ما يسمى النشـا الحيوانى أو الجليكوچين glycogen والذى يختزن بدوره فى الكبد والعضلات.

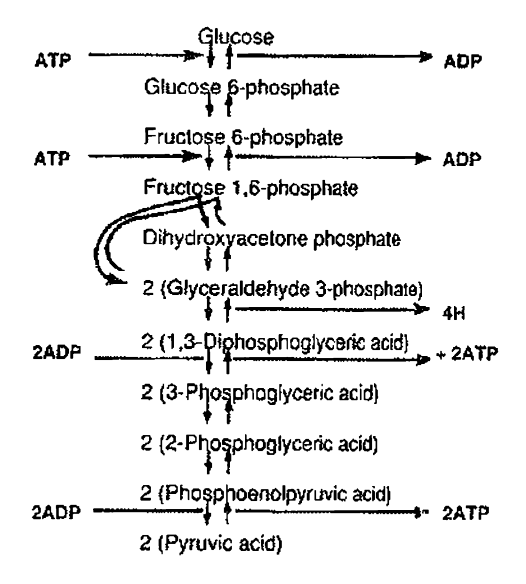
٣- يتحول جـزء من أحاديات التسكر أيضا إلى دهون تُختـزن فى أماكن تخزين الدهن فى الجسم.

٤- يتأكسد جزء منها لانطلاق الطاقة اللازمـة لقيام خلايا الجسم بجميع الأنشطة الحيوية.

١- عمليات الحصول على طاقة من المواد الكربوهيدراتية

يمكن تقسيم عمليات الأيض للحصول على طاقة من المواد الكربوهيدراتية إلى:

أ- عملية الحصـول على طاقة من الجلوكوز والتى يمكن أن تتم فى غياب الأكسچين وتعرف باسم الأكسـدة اللاهوائية **anaerobic oxidation** وتسمى أيضا تكسـير جزىء الجلوكوز **glycolysis** وفـيـها يتم تحـويل جـزىء الجلوكـوز إلى جـزيئين من حـامض البيروڤيك **pyruvic acid**. والشكل رقم (٣-١٦) يوضح خطوات هذه الدورة.



شكل (٣ـ١٦) *تكسير جزىء الجلوكوز*

Glycolysis

ويمكن تلخيص عملية تكسير جزىء الجلوكوز كالتالى:

$$\textbf{Glucose} + \textbf{2ADP} + \textbf{2PO}_4^{--} \longrightarrow \textbf{2Pyruvic acid} + \textbf{4H} + \textbf{2ATP}$$

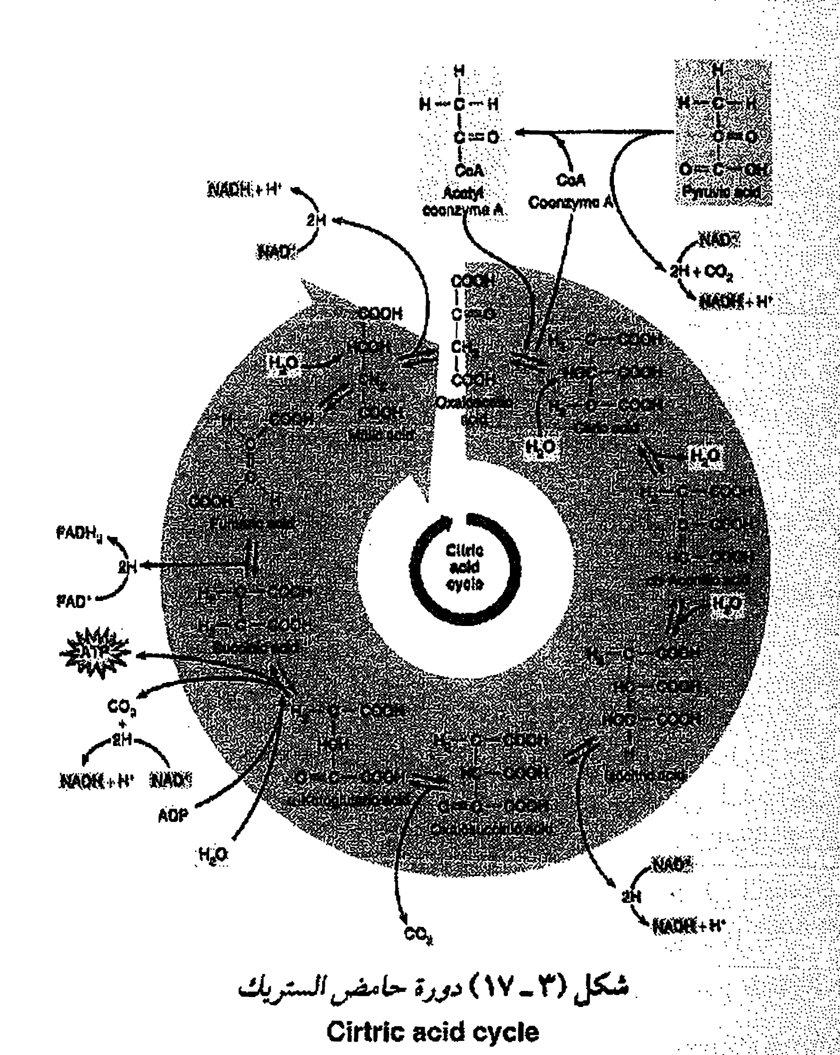
ب- تكوين الأستيل مساعد الإنزيم «أ» Formation of acetyl CoA

كل جزيء من حامض البيروفيك المتكون في العملية السابقة يتم تحويله إلى الأستيل مساعد الإنزيم «أ» وذلك بارتباطه بمساعد الإنزيم «أ».

$$2\text{Pyruvic acid} + 2\text{CoA} \longrightarrow 2\text{Acetyl CoA} + 4\text{H} + 2CO_2$$

جـ- دورة كربس (عملية الحصول على طاقة في وجود الأكسچين) Krebs cycle

ويطلق عليها دورة الأكسدة الهوائية **aerobic oxidation** حيث إنها لا تتم إلا في وجود الأكسچين وفيها يدخل كل جزيء من الاستيل مساعد الإنزيم «أ» في العديد من التفاعلات تبدأ بحامض الستريك **citric acid** في شكل دورة من التفاعلات تنتهى بتكوين حامض الستريك مرة أخرى، ولهذا سميت بدورة حامض الستريك **citric acid**



شكل (٣ـ١٧) دورة حامض الستريك

Cirtric acid cycle

cycle، والتى ينتج عنهـا انطلاق الهيدروچين والذى سـوف تتم أكسـدته بعد ذلك فى وجود الأكسچين. وتقـدر كمية الطاقة المنطلقة من دورة كربس بحـوالى عشرين ضعف الطاقة المنطلقة من الدورة اللاهوائية.

وخطوات دورة كربس مـوضحـة بالشكل رقم (٣-١٧) والمحصلة النهـائية لدورة كربس هى:

$$Acetyl\ CoA + 3H_2O \longrightarrow 2CO_2 + 8H + CoA + ATP$$

وحيـث إن كل جزىء جلوكوز قـد تـكون منه جزيـئين من الأستـيل مسـاعد الإنزيم «أ»:

$$2Acetyl\ CoA + 6H_2O \longrightarrow 4CO_2 + 16H + 2CoA + 2ATP$$

د - أكسدة أيونات الهيدروچين Oxidation of hydrogen ions

فى وجود الأكسچين يتم أكسدة الهيـدروچين الناتج من العمليات الثلاث السابقة داخل الميـتوكـوندريا، وأثناء هذه الأكسـدة يتم تحـويل ٣٤ جزيئـا من الأدينوزين ثنائى الفوسفات **ADP** إلى الأدينوزين ثلاثى الفوسفات **ATP**.

$$24H + 6O_2 \xrightarrow{\text{أكسدة الهيدروچين داخل الميتوكوندريا}} 12H_2O + Energy\ (34ATP)$$

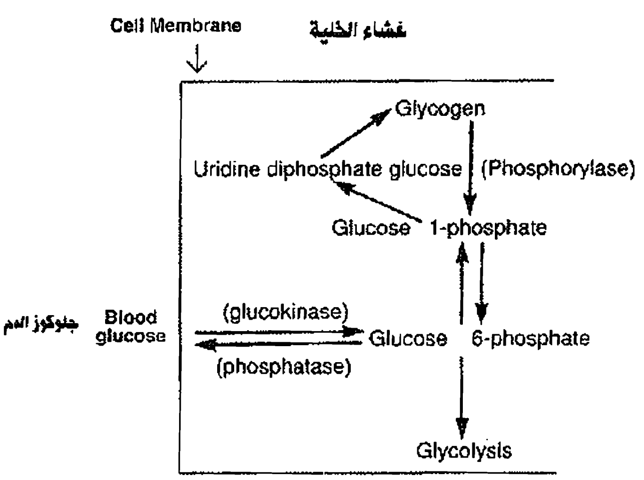
وعلى ذلك فأكسدة جزىء من الجلوكوز أكسدة كاملة ليعطى ثانى أكسيد الكربون والماء وكمية من الطاقة تُقدر بعدد جزيئات الإدينوزين ثلاثى الفوسفات المتكونة وهى ٣٨ جزيئا.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \xrightarrow{+38\ ADP} 6CO_2 + 6H_2O + Energy\ (38\ ATP)$$

٢- عمليتى تحويل الجلوكوز إلى جليكوچين Glycogenesis وتكسير الجليكوچين إلى جلوكوز Glycogenolysis

بعد امـتصاص المركـبات أحادية التـسكر فى الأمعاء ووصـولها عن طريق الوريد البابى إلى الكبـد يتحول معظمـها إلى جلوكوز، وفى الكبد يمكن تحـويل الجلوكوز إلى جليكوچين **glycogenesis**، وينظم هذه العـملية مسـتوى السكر فى الـدم الذى يحدد معـدل تحويل الجلوكوز إلى جليكوچين، والـذى يُختزن فى خلايـا الكبد؛ ولذلك عند انخفـاض كمـية السكر فى الدم يؤدى ذلك إلى تكسـير الجليكوچين فى الكبـد بواسطة عـملية تـسـمى تحلل أو تكسـيـر الجـليكوچين **glycogenolysis** شكل (٣ - ١٨). وعضلات الجـسم أيضا لها مقدرة على تحـويل الجلوكوز الذى يصل عن طريق الدم إلى

جليكوچين. وعند أداء مجهود عضلى واحتياج العضلات للطاقة يمكن أن يتحول جليكوچين العضلات إلى حامض اللاكتيك **lactic acid** ولذا فالخلاف الوحيد بين جليكوچين الكبد وجليكوچين العضلات أن الأخير يُستخدم فقط كمصدر للطاقة تستفيد منه عضلات الجسم فقط، أما جليكوچين الكبد فيمكن أن يتحول إلى جلوكوز يضاف إلى سكر الدم وبالتالى تستفيد منه جميع خلايا الجسم. والناتج النهائى لتكسير جليكوچين العضلات هو حامض اللاكتيك والذى يحمله الدم إلى الكبد حيث يتحول إلى جليكوچين.



شكل (٣ـ١٨) عمليتا تحويل الجلوكوز إلى جليكوچين وتكسير الجليكوچين إلى جلوكوز
Glycogenesis and Glycogenolysis

٣- تصنيع الجلوكوز من مصادر غير كربوهيدراتية Gluconeogenesis

إن جزءا كبيرا من الأحماض الأمينية التى تصل إلى الكبد عن طريق الوريد الكبدى البابى يمكن تحويلها إلى مواد كربوهيدراتية كما يمكن أيضا أن تتحول الدهون إلى كربوهيدرات وتُعرف هذه العمليات بتكوين الجلوكوز أو الجليكوچين من مصادر غير كربوهيدراتية **gluconeogenesis**.

$$\text{* Alanine} \rightleftharpoons \text{Pyruvic} \underset{}{\overset{\text{Glycolysis}}{\rightleftharpoons}} \text{Glucose}$$

$$\underset{\text{(From fat)}}{\text{* Glycerol}} \rightleftharpoons \text{Glycerophosphate} \overset{\text{Glycolysis}}{\rightleftharpoons} \text{Glucose}$$

ثانيا: أيض الدهون Lipid metabolism

بعد أن تصل الدهون إلى القناة الليمفية الصدرية في صورة كيلوميكرونات chylomicrons والتي تصب محتواها في الجهاز الوريدي للدم عندئذ تصل إلى القلب ومنه إلى الشريان الأورطي الذي يتولى توصيل الكيلوميكرونات إلى خلايا الجسم وخاصة خلايا الكبد وألياف عضلة القلب وخلايا النسيج الدهني، وهناك يتم تكسيرها إلى الجلسريدات الثلاثية والكولستيرول والليبيدات المفسفرة والبروتين. وتصل معظم هذه المركبات إلى الدم حيث ترتبط الجزيئات الدهنية بالبروتينات لتكوين ما يسمى بالبروتينات الليبيدية lipoproteins، وهي أصغر حجما من الكيلوميكرونات. ويمكن تخزين الجلسريدات الثلاثية أو تكسيرها لتكوين الأحماض الدهنية والجلسيرول. والأحماض الدهنية المضافة إلى الدم والتي تصل إلى الخلايا بعضها يكون مشبعا والبعض الآخر غير مشبع، وكلاهما يستفاد به لتكوين المركبات الليبيدية المختلفة (مثل الجلسريدات الثلاثية والليبيدات المفسفرة والكولستيرول)، أو تتأكسد لانطلاق الطاقة. علما بأن الأحماض الدهنية غير المشبعة يمكن أكسدتها بطريقة أخرى وسريعة وينتج عن ذلك مركبات تسمى هيدروبيروكسيدات hydroperoxides وهذه المركبات مواد سامة وقد يتم تحويلها إلى أحماض دهنية مشبعة حيث يضاف الهيدروجين إلى الروابط المزدوجة double bonds في الحامض الدهني غير المشبع؛ ولذا يتحول إلى حامض دهني مشبع.

$$CH_3(CH_2)_{14}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$$

Palmitic acid
(حامض دهني مشبع)

$$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$$

Oleic acid
(حامض دهني غير مشبع)

أكسدة بيتا للأحماض الدهنية B-oxidation of fatty acids

تتم عملية أكسدة الأحماض الدهنية على عدة مراحل حيث ينفصل في كل مرحلة جزيء يحتوي على ذرتين من الكربون ويتكون حامض دهني يقل ذرتي كربون عن الحامض الدهني الأصلي، ويحدث هذا الانفصال في جزيء الحامض الدهني عند ذرة الكربون الثانية بالنسبة لمجموعة الكربوكسيل والتي توجد في الموضع بيتا؛ لذا فإن هذا النوع من الأكسدة يسمى أكسدة بيتا وتتكرر هذه العملية حتى يتحول الحامض الدهني إلى عدد من مركبات الأستيل مساعد الإنزيم «أ» acetyl CoA والذي يكون مرتبطا بعدد ذرات الكربون الموجودة في الحامض الدهني، فعلى سبيل المثال عند أكسدة حامض الأستيريك stearic acid بواسطة أكسدة بيتا يتكون ٩ جزيئات من الأستيل مساعد الإنزيم «أ»، والتي بدورها يتم أكسدتها عن طريق دورة كربس.

$$R-\overset{\beta}{C}H_2-\overset{\alpha}{C}H_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + HS-CoA \xrightarrow{ATP \rightarrow ADP}$$

Fatty acid

$$H_2O + R-\overset{\beta}{C}H_2-\overset{\alpha}{C}H_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-S-CoA$$

Active fatty acid

Oxidized flavoprotein (FAD) → Reduced flavoprotein ($FADH_2$)

$$R-CH=CH-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-S-CoA$$

α, β – Unsaturated fatty acid - CoA

$$\xrightarrow{+H_2O}$$

$$R-\underset{H}{\overset{OH}{C}}-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-S-CoA$$

β – Hydroxy fatty acid - CoA

$$NAD \longrightarrow NADH + H^+$$

$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-S-CoA + HS-CoA \longrightarrow R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-S-CoA$$

β – Keto fatty acid - CoA — Active fatty acid

$$+ CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-S-CoA$$

Acetyl CoA

وجدير بالذكر أن أكسدة الأحماض الدهنية تؤدى إلى انطلاق كمية من الطاقة تزيد عن الطاقة المنطلقة من أكسدة الجلوكوز، فعلى سبيل المثال حامض الأستيريك الذى يحتوى على ١٨ ذرة كربون عند أكسدته أكسدة كاملة يؤدى إلى تكوين ١٤٨ جزىء من الإدينوزين ثلاثى الفوسفات (148ATP) بينما أكسدة الجلوكوز المحتوى على ٦ ذرات كربون يؤدى إلى تكوين ٣٨ جزىء (38 ATP).

$$Stearic\ acid \xrightarrow{\beta - Oxidation} 9\ Acetyl\ CoA + 32\ H$$

$$Acetyl\ CoA + 3H_2O \xrightarrow{Krebs\ cycle} 2CO_2 + 8H + CoA + ATP$$

$$9Acetyl\ CoA + 27H_2O \xrightarrow{Krebs\ cycle} 18CO_2 + 72H + 9CoA + 9ATP$$

$$104H + 6O_2 \xrightarrow[\text{داخل الميتوكوندريا}]{\text{أكسدة الهيدروجين}} 52\ H_2O + Energy\ (139\ ATP)$$

ثالثا: أيض البروتينات Protein metabolism

كما أشرنا سابقا فإن نواتج هضم البروتينات تُمتص أساسا على شكل أحماض أمينية **amino acids** ولو أن بعض الببتيدات (ثنائي وثلاثي الببتيدات) يمكن أن تمتص بنسبة صغيرة في الأمعاء. وبعد انتقال الأحماض الأمينية إلى الدم ينقلها بدوره إلى خلايا الجسم للاستفادة منها في العديد من العمليات كالتالي:

١- جزء من الأحماض الأمينية الذي يصل إلى الخلايا يُستخدم في تصنيع بروتينات الأنسجة وأيضا بروتينات البلازما.

٢- جزء آخر يدخل في تكوين مركبات غير بروتينية **non-protein compounds**.

٣- جزء يستفاد به في تصنيع مكونات أخرى في الجسم مثل الكرياتين **creatine**.

٤- بعض من الأحماض الأمينية يمكن أن تتحول إلى أحماض أمينية أخرى [وهذا يتم لتكوين الأحماض الأمينية التي يمكن تصنيعها داخل خلايا الجسم والتي يطلق عليها أحماض أمينية غير ضرورية **non-essential amino acids**].

٥- يتحول جزء من الأحماض الأمينية إلى كربوهيدرات أو دهون أو قد يختزن داخل الخلايا.

٦- الجزء الباقي من الأحماض الأمينية سوف يتم أكسدته للحصول على طاقة حيث تبدأ هذه العملية بنزع مجموعة الأمين من الحامض الأميني **deamination**، ويتم ذلك على مرحلتين في المرحلة الأولى يتم نزع ذرتين من الهيدروجين لتكوين حامض يسمى الحامض الإيميني **imino acid** وفي المرحلة الثانية يضاف جزيء من الماء إلى الحامض الإيميني فيتكون حامض عضوي لا يحتوي على نيتروجين **keto acid** وأمونيا **ammonia** ويوضح ذلك المعادلات الآتية:

$$R-\overset{\displaystyle H}{\overset{|}{C}}-NH_2 \xrightarrow{-2H} R-C=NH$$
$$\quad\quad\quad | \quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad |$$
COOH → COOH

Imino acid

$$R-\underset{\displaystyle COOH}{\underset{|}{C}}-NH \xrightarrow{+H_2O} R-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-COOH + NH_3$$

Keto acid — Ammonia

وتُسمى هذه الأحماض العضوية أيضا النواتج غير النيتروچينية **non-nitrogenous residues** المتكونة من نزع مجموعة الأمين من الأحماض الأمينية

وتُستخدم بعض الأحماض العضوية الناتجة من نزع مجموعة الأمين من الأحماض الأمينية المختلفة فى تحرير الطاقة حيث يتم أكسدته إلى ثانى أكسيد الكربون والماء ويمكن توضيح ذلك على سبيل المثال عند نزع مجموعة الأمين من الحامض الأمينى الألنين:

$$\underset{\text{Alanine}}{CH_3-CH(NH_2)-COOH} \longrightarrow \underset{\text{Pyruvic acid}}{CH_3-C(=O)-COOH} \longrightarrow \text{Acetyl CoA} \longrightarrow \text{Krebs cycle} \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

كما يمكن أن يستفاد من النواتج غير النيتروچينية التى تكونت من الأحماض الأمينية فى تكوين الجلوكوز وأيضا الجليكوچين فى الكبد.

$$\underset{\text{Alanine}}{CH_3-CH(NH_2)-COOH} \longrightarrow \underset{\text{Pyruvic acid}}{CH_3-C(=O)-COOH} \xrightarrow[\text{glycolysis}]{\text{عكس الـ}} \text{Glucose} \xrightarrow{\text{glycogenesis}} \text{Glycogen}$$

أما الأمونيا NH_3 الناتجة من نزع مجموعة الأمين فمعظمها يتحول في الكبد إلى بولينا **urea**.

$$2NH_3 + CO_2 \longrightarrow H_2N - \underset{\underset{O}{||}}{C} - NH_2 + H_2O$$

Ammonia **Urea**

كذلك يمكن أن تستخدم الأمونيا في إعادة إضافة مجموعة الأمين إلى النواتج غير النيتروجينية من أحماض أمينية أخرى لإعادة تصنيع هذه الأحماض الأمينية [أحماض أمينية غير ضرورية **non-essential amino acids**] والجزء الباقي من الأمونيا الناتجة يتم إخراجه في البول في صورة مركبات الأمونيا المتأينة.

وظائف الكبد Liver functions

يؤدي الكبد العديد من الوظائف الهامة جدا للجسم، ومن أهم هذه الوظائف:

١- تصنيع وإفراز العصارة الصفراوية **bile secretion** والتي تساعد على تحويل الدهن إلى مستحلب وهذا يساعد على هضم المواد الدهنية.

٢- يعتبر الكبد مخزنا للدم حيث تخترقه شبكة كبيرة من الأوعية الدموية؛ لذا يلاحظ تضخم الكبد في حالات هبوط القلب **heart failure**.

٣- يعمل الكبد على تخليص الجسم من كريات الدم الحمراء الهرمة؛ لذا فخلايا الكبد تستخلص الحديد الموجود في هيموجلوبين الدم لهذه الكريات لاختزانه مع استخدام باقي جزيء الهيم **haem** في تصنيع الصفراء.

٤- يؤدي الكبد أيضا دورا في تصنيع كريات الدم الحمراء **formation of R.B.Cs** في بعض الحالات مثل تكوين كريات الدم الحمراء في الجنين بعد الشهر السادس من الحمل إلى ما قبل الولادة، وأيضا في الحالات المرضية التي يتوقف فيها تصنيع الكريات في نخاع العظم.

٥- يقوم الكبد بدور وقائي وذلك بمعادلة التأثير السام لبعض السموم **detoxicating functions**، والتي تصل إليه من القناة الهضمية عن طريق الدورة البابية **portal circulation**.

٦- يعتبر الكبد عضو تخزين للعديد من المواد مثل الجليكوجين **glycogen** والدهن وبعض الفيتامينات مثل فيتامين أ وفيتامين ب١٢.

٧- يقوم الكبد بتصنيع العديد من بروتينات البلازما **plasma proteins** وأيضا الهيبارين **heparin** كما يقوم بتكوين مادة الفيبرينوجين **fibrinogen** التي تلعب دورا رئيسيا في تجلط الدم عند حدوث نزيف.

٨- يلعب الكبد دورا رئيسيا في عمليات الأيض **metabolism**.

الفصل العاشر

الجـــهـــاز الـــــدورى

Circulatory System

الجهاز الدورى هو أحد أجهزة الاتزان الداخلى **homeostatic systems** فى الجسم. والجهاز الدورى فى الفقاريات يعرف بأنه جهاز مغلق **closed system** حيث يكون الدم داخل أوعية مغلقة (أى توجد شعيرات دموية بين الشرايين والأوردة)، ولكن فى كثير من اللافقاريات تُعرف الدورة الدموية بأنها مفتوحة **open circulatory system** حيث يُضخ الدم من القلب إلى الشرايين التى تفتح فى فجوات الأنسجة وعندئذ يكون الدم على اتصال مباشر مع خلايا الجسم ثم يدخل الأوردة المفتوحة لكى يندفع إلى الأمام فى اتجاه القلب مرة أخرى.

ويتركب الجهاز الدورى فى الفقاريات من الجهاز الوعائى القلبى **cardiovascular system** وهو عبارة عن القلب **heart** والأوعية الدموية **blood vessels**، بالإضافة إلى الدم الذى يوجد داخل الأوعية خلال دورانه من القلب إلى أنسجة الجسم وعودته فى الاتجاه العكسى. ويقوم الجهاز الدورى بوظائف عديدة منها عملية تبادل الغازات مع أنسجة الجسم، ونقل عناصر الغذاء الممتصة من القناة الهضمية وأيضا الهرمونات التى تُفرزها الغدد الصماء إلى خلايا الجسم، كما يقوم بنقل الفضلات الناتجة من عمليات الأيض إلى الأعضاء المختصة بالإخراج، هذا بالإضافة إلى تنظيم حرارة الجسم وثبات الرقم الهيدروچينى **pH value** لسوائل الجسم، كما تعمل كريات الدم البيضاء على حماية الجسم من البكتيريا والفيروسات، وتلعب الصفائح الدموية دورا هاما فى عملية تجلط الدم عند حدوث نزف.

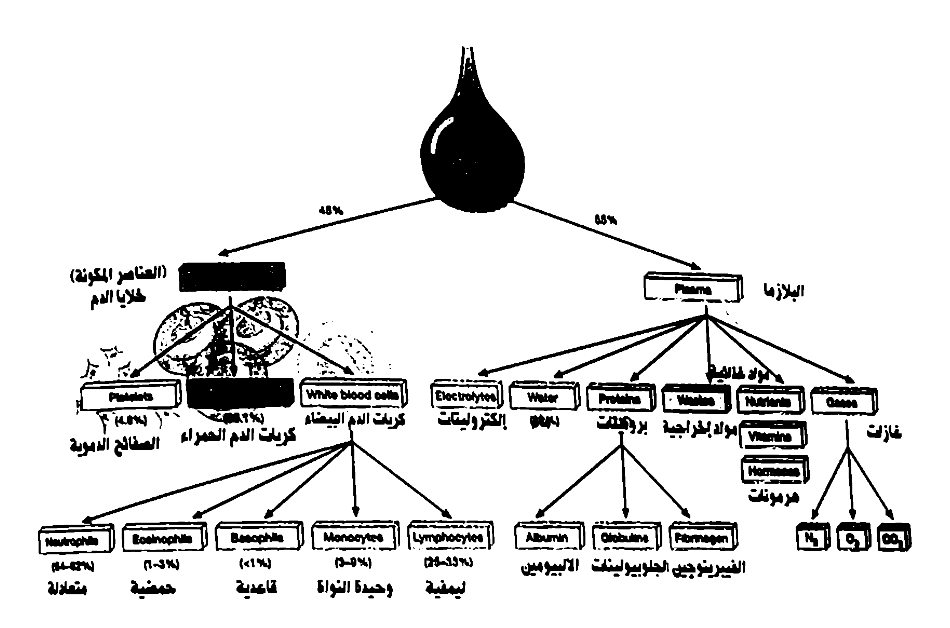
أولا: الدم Blood

يحتوى الدم فى الثدييات على البلازما **plasma** وهي تمثل ٥٥٪ من حجم الدم وخلايا الدم **blood cells** وهى تمثل ٤٥٪ (شكل ٣-١٩):

أ - البلازما Plasma

البلازما عبارة عن سائل يحتوى على ٩٠٪ ماء مذاب فيه بروتينات البلازما **plasma proteins** (الألبيومين **albumin**، الجلوبيولينات **globulins**، والفيبرينوچين

(fibrinogen وجلوكوز **glucose** وأحمـاض أمينـية **amino acids** والإلكتروليتات **electrolytes** والعديد من الإنزيمات **enzymes** وكذلك الأجسام المضادة **antibodies** والهرمـونات **hormones** وأيضا الـفضلات الناتجـة من عملـيات الأيض **metabolic wastes** هذا بالإضافة إلى كميات ضئيلة من مواد أخرى عضوية وغير عضوية.



شكل (٣-١٩) تركيب الدم
Blood composition

ب- خلايا الدم Blood cells

تسمى خـلايا الدم أيضا العناصـر المكونة **formed elements** وكمـا أشرنا فى الفصل الرابع الخاص بدراسة الأنسجة الضامة فإن خلايا الدم تتكون من:

١- كريات الدم الحمراء Red blood cells (Erythrocytes)

وهى تحتوى على هيموجلوبين الدم الذى يعـمل فى نقل الأكسجين وثانى أكسيد الكربون.

٢- كريات الدم البيضاء White blood cells (Leukocytes)

وتؤدى دورا هاما فى التهام الميكروبات مع كـونها عوامل مناعية **immunizing agents**.

٣- الصفائح الدموية **Blood platelets**

وترتبط وظائفها بعملية تجلط الدم عند حدوث نزف.

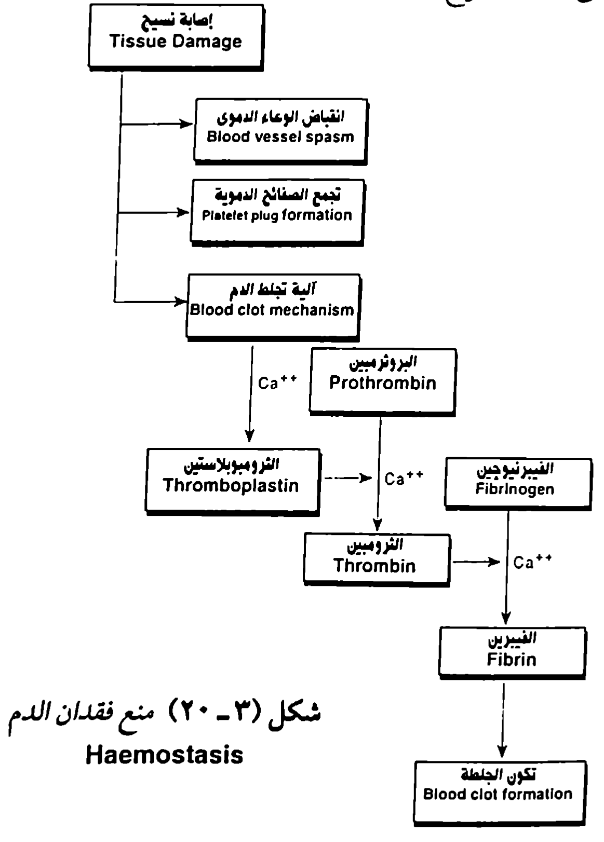
جـ- منع فقدان الدم Haemostasis

عند حدوث جـرح أو تمزق لوعاء دموى فإن ذلك يؤدى إلى اندفـاع الدم وهو ما يسمى نزف الدم **haemorrhage**، ومن هنا تحدث ثلاث عـمليات تؤدى جميـعها إلى تقليل أو منع فقدان الجسم للدم وهذا ما يســمى بالهيموستاسس **haemostasis** أى منع فقدان الدم أو إيقاف النزف (شكل ٣-٢٠) وهذه العمليات الثلاث هى:

١- انقباض العضلات اللاإرادية فى الأوعــية الدموية فى مكان الجرح ويؤدى هذا إلى تقليل سريان الدم فى الأوعية الممزقة (المجروحة).

٢- تتجمع الصــفائح الدموية فى موقع الجرح وهذا يؤدى أيــضا إلى تقليل حجم الدم المفقود.

٣- تكوين جلطة **clot** فى مكان الجرح.



شكل (٣-٢٠) منع فقدان الدم
Haemostasis

عملية تكوين الجلطة Clot formation

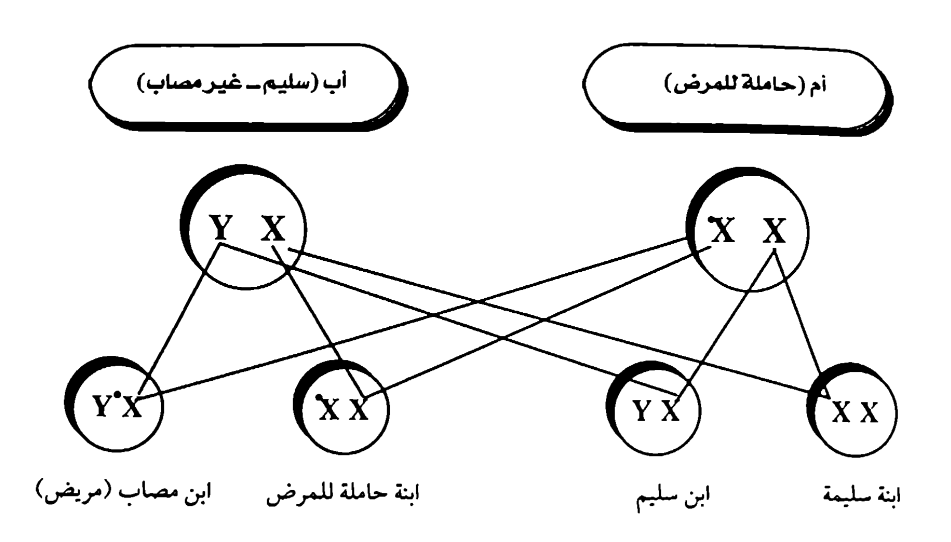
يحتوى الدم على كل العوامل التى تساعد على تكوين الجلطة عند حدوث جرح وتبدأ خطوات تكوين الجلطة بانطلاق مادة تسمى الثرومبوبلاستين **thromboplastin** من الصفائح الدموية فى مكان الجرح وأيضا من الأنسجة المجروحة، ومع وجود أيونات الكالسيوم فى البلازما فإن كل من الثرومبوبلاستين وأيونات الكالسيوم يعملان على تحويل مادة بروتينية موجودة فى البلازما وهى البروثرومبين **prothrombin** (يتم تصنيعها فى الكبد فى وجود فيتامين ك **vit.K**) إلى إنزيم يسمى ثرومبين **thrombin** الذى يؤدى بدوره إلى تحويل بروتين الفيبرينوچين الموجود فى البلازما فى صورة سائلة وذائبة إلى مادة غير ذائبة وهى الفيبرين **fibrin**، والذى يتكون على شكل ألياف دقيقة تتشابك مع بعضها لتكوين شبكة تلتصق بها الصفائح الدموية وتنحصر بداخلها كريات الدم الحمراء والبيضاء.

وهنا تجدر الإشارة إلى أن الدم يحتوى على مواد مانعة للتجلط تسمى مضادات التجلط **anticoagulants**، ومن أهم هذه المواد الهيبارين **heparin** والذى يمنع تجلط الدم داخل الأوعية الدموية ويتكون الهيبارين أساسا فى خلايا الكبد، هذا بالإضافة إلى أن أحد أنواع كريات الدم البيضاء والمسماه الخلايا القاعدية **basophils** يوجد بداخلها الهيبارين الذى ينطلق منها إلى بلازما الدم. والهيبارين يعمل على عدم تكوين مادة الثرومبين من البروثرومبين، وذلك عن طريق إعاقة عمل الثرومبوبلاستين ومن هنا يمنع تكوين الفيبرين من الفيبرينوچين.

الظواهر غير الطبيعية لتجلط الدم Abnormalities of coagulation

من أهم الظواهر غير الطبيعية لعملية تجلط الدم فى الإنسان والتى تُؤدى إلى ظهور حالات مرضية هى تكوين جلطة دموية داخل الأوعية الدموية مما يسبب انسداد هذه الأوعية. وتكون هذه الظاهرة خطيرة فى حالة انسداد أوعية المخ أو القلب أو الرئتين. وهناك ظاهرة أخرى وهى مرض وراثى معروف باسم مرض نزف الدم أو الهيموفيليا **haemophilia**. وينتج عن هذا المرض تأخر تكوين الجلطة عند حدوث أى جرح وذلك لعدم حدوث عملية التجلط بصورة طبيعية. والسبب فى ذلك هو وجود خلل چينى على الكروموسوم الحامل لصفة الجنس والمعروف باسم اكس كروموسوم **"X" chromosome** وعادة تُورث هذه الصفة من الأم عندما تكون حاملة لهذا المرض على أحد كروموسومات الجنس الخاصة بها وعندما تنتقل هذه الصفة إلى الابن فإنه يولد مصابا بهذا المرض. ولو حدث أن كلا من الأم والأب يحملان الچين

المسبب للمرض فمن المحتمل أن تصاب الابنة بهذا المرض. والشكل رقم (٣- ٢١) يوضح توارث مرض نزف الدم (الهيموفيليا) من الأم إلى الابن.



شكل (٣ ـ ٢١) *توارث مرض نزف الدم*

Inheritance of haemophilia

د- فصائل الدم Blood groups

عند نقل دم شخص ما إلى دم شخص آخر فإن كريات الدم الحمراء قد لا تتأثر أو قد تلتصق مع بعضها وهذه الظاهرة تُعرف باسم التصاق الكريات **agglutination**، والسبب فى ذلك هو وجود عامل على غشاء كريات الدم الحمراء يُسمى مولد الإلصاق **antigen (agglutinogen)**، وأيضا يوجد عامل فى البلازما عبارة عن جسم مضاد يسمى اجلوتينين **antibody (agglutinin)**. وهناك نوعان من مولدات الإلصاق يرمز لهما بالحرفين **A,B** وأيضا نوعان من الأجسام المضادة يرمز لهما بالحرفين **a,b**.

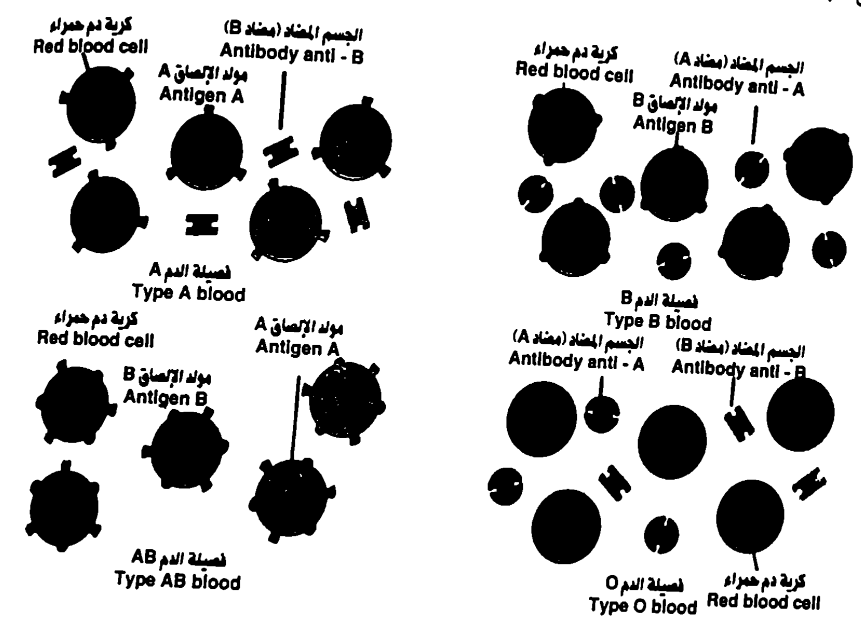
وقد عُرف أن الجسم المضاد **a** لو وجد مع مولد الإلصاق **A** يحدث التصاق لكريات الدم لذا يُعرف باسم مضاد **anti-A A**، وأيضا الجسم المضاد **b** يسبب التصاق الكريات الموجود بها مولد الإلصاق **B** لذا يعرف باسم مضاد **anti-B B**، ومن هنا فلا يوجد فى دم الإنسان مولد الإلصاق **A** مع الجسم المضاد **a** وأيضا لا يوجد مولد الإلصاق **B** مع الجسم المضاد **b**. وطبقا لوجود هذه العوامل فقد تم تقسيم فصائل الدم فى الإنسان إلى أربع فصائل (شكل٣-٢٢) هى:

- فصيلة A: حيث يوجد على كريات الدم الحمراء مولد الإلصاق A وفى البلازما الجسم المضاد b.

- فصيلة B: وهنا يوجد على كريات الدم الحمراء مولد الإلصاق B وفى البلازما الجسم المضاد a.

- فصيلة AB: حيث تتميز كريات الدم الحمراء بوجود مولدى الإلصاق A, B ولا يوجد فى البلازما أى أجسام مضادة.

- فصيلة O: وهنا لا يوجد على كريات الدم الحمراء أى مولدات إلصاق ويوجد فى البلازما كل من الجسم المضاد a,b.

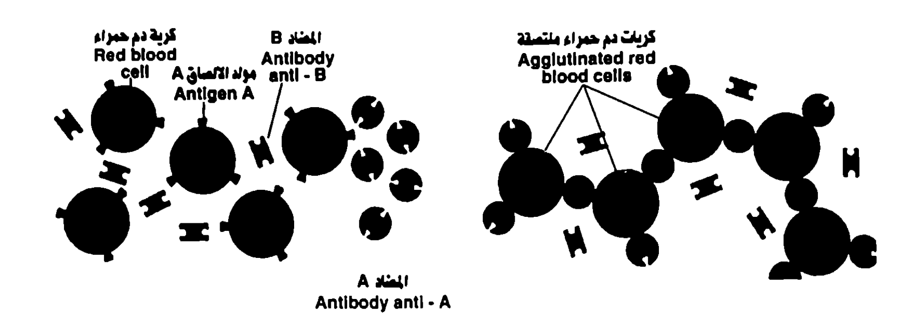


شكل (٣ـ ٢٢) *فصائل الدم*

Blood groups

ولذا فعند نقل الدم من شخص إلى آخر لابد أن يُؤخذ فى الاعتبار نوع فصيلة دم الشخص الذى سيؤخذ منه الدم والذى يُسمى المعطِى **donor** وأيضا نوع فصيلة دم الشخص الذى سينقل إليه الدم والذى يُسمى المستقبِل **recipient**. فلو لم يكن دم كل منهما مناسبا للآخر فإن كريات الدم الحمراء المنقولة من المعطى سوف يحدث لها التصاق

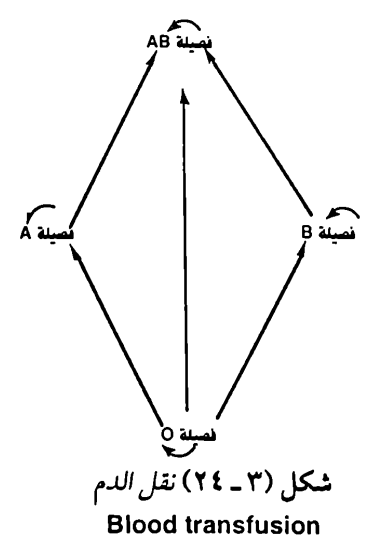
فى دم المستقبل ومن هنا يحدث انسداد فى الأوعية الدموية الصغيرة يعقبها تكسير كريات الدم الحمراء وخروج الهيموجلوبين إلى البلازما. وهذا يعرف بتحلل الدم **haemolysis** (شكل ٣- ٢٣).



شكل (٣ـ٢٣) *نقل دم غير مناسب*

Unsuitable blood transfusion

والرسم التخطيطى التالى (شكل ٣- ٢٤) يوضح أن دم الإنسان من الفصيلة O يمكن نقله إلى أى شخص آخر حيث إن كريات الدم الحمراء لهذه الفصيلة لا يوجد عليها أى مولدات إلصاق ولذا يوصف الشخص الذى ينتمى لهذه الفصيلة بالمعطى العام **universal donor**، بينما يوصف الشخص الذى ينتمى للفصيلة **AB** بالمستقبل العام **universal recipient** حيث يستطيع أن يستقبل دم من أى شخص آخر لعدم وجود أى أجسام مضادة فى بلازما الدم الخاص به.



شكل (٣ـ ٢٤) *نقل الدم*

Blood transfusion

ولقد أُطلق على فصائل الدم **A, B, AB, O** فصائل الدم الرئيسية بعد اكتشاف مولدات إلصاق أخرى وأعطيت رمزى **M, N** ولا توجد أجسام مضادة لها فى البلازما ولذلك لا تؤخذ فى الاعتبار عند نقل الدم ولكن يستفاد بها فى إثبات الأبوة للأطفال المتنازع عليهم.

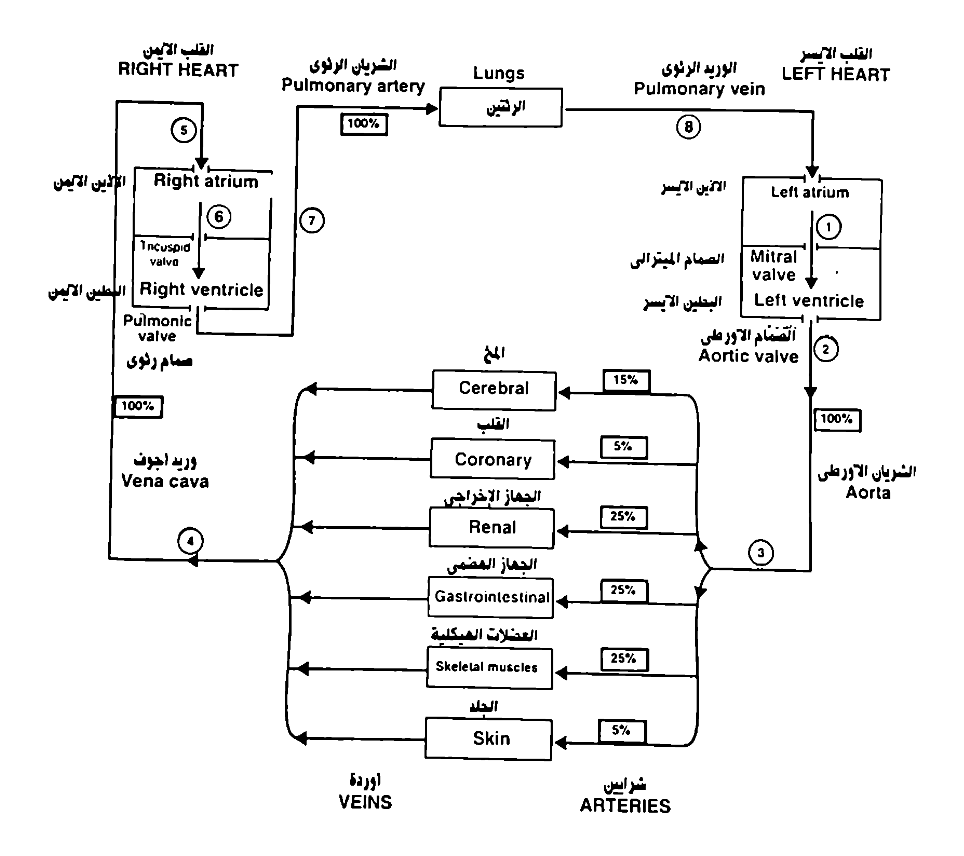
عامل ريزس Rhesus factor

اكتشف فى عام ١٩٤٠ معامل إلصاق على كريات الدم الحمراء فى نوع من القردة **Rhesus monkeys**، ثم ثبت وجوده على كريات الدم الحمراء لحوالى ٨٥٪ من المنتمين للجنس البشرى الأبيض حيث يوجد مولد إلصاق على كريات الدم الحمراء ويسمى مولد الإلصاق د **agglutinogen D** ويعرف أيضا بعامل ريزس **Rhesus factor** أو **Rh factor**، ولا يوجد هذا العامل فى حوالى ١٥٪ من الجنس الأبيض؛ ولذا يُسمى الأشخاص الموجود لديهم عامل ريزس موجب ريزس **Rh+** والآخرون يطلق عليهم سالب ريزس **Rh-**. وفى كل الأحوال لا يوجد فى بلازما الدم جسم مضاد لعامل ريزس **anti-Rh**. ولكن عند نقل دم لأول مرة من إنسان يحوى عامل ريزس إلى شخص دمه سالب ريزس يتكون عندئذ فى دم الشخص السالب أجسام مضادة لهذا العامل تُعرف باسم الجسم المضاد لعامل ريزس **anti-Rh** أو **anti-D**. ولو تم نقل الدم الموجب للمرة الثانية إلى الشخص السالب فسوف يحدث التصاق لكريات الدم الحمراء المنقولة، ومن هنا يحدث انسداد للأوعية الدموية الصغيرة ويعقبها تكسير كريات الدم الحمراء؛ لذا يجب عند نقل الدم إلى شخص سالب ريزس أن يتم أخذ الدم من شخص سالب ريزس أيضا.

ولعامل ريزس دور هام أثناء فترة الحمل حيث تحدث مشاكل عندما يكون دم الأم سالب ريزس ودم الجنين موجب ريزس، فعندما يختلط دم الجنين بدم الأم عند الولادة تتكون فى دم الأم الأجسام المضادة لعامل ريزس، وإذا حملت الأم مرة أخرى بطفل موجب ريزس فإن الأجسام المضادة بدم الأم تخترق المشيمة وتعمل على التصاق وتكسير كريات الدم الحمراء للجنين. ولعلاج مثل هذه الحالات ولمنع تكوين أجسام مضادة فى دم الأم سالب ريزس والتى تكون حاملا لجنين موجب يتم إعطاؤها بعد الولادة مباشرة أجساما مضادة لكريات الدم الحمراء الموجبة لعامل ريزس. هذه الأجسام المضادة تقوم بتدمير كريات الدم الحمراء الموجبة لعامل ريزس والتى وصلت إلى دم الأم من الجنين، وذلك قبل تكوين الأجسام المضادة لعامل ريزس فى دم الأم.

ثانيا: الجهاز الوعائى القلبى Cardiovascular system

يشمل الجهاز الوعائى القلبى القلب والأوعية الدموية حيث يضخ القلب الدم إلى كل أجهزة الجسم عن طريق الشرايين التى تتفرع إلى شرايين صغيرة والتى تتفرع بدورها إلى الشعيرات الدموية **blood capillaries** ثم يترك الدم منطقة الشعيرات الدموية ويتجه إلى الأوردة الصغيرة ثم إلى الأوردة الأكبر التى تعود بالدم إلى القلب مرة أخرى (شكل ٣-٢٥).

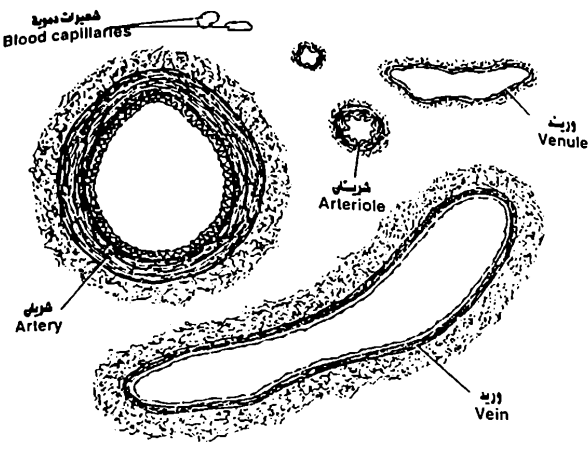


شكل (٣ـ ٢٥) *الدورة الدموية*

Blood circulation

الأوعية الدموية Blood vessels

الأوعية الدموية نوعان هما الشرايين arteries والأوردة veins (شكل ٣-٢٦).



شكل (٣ـ٢٦) *قطاعات عرضية من أوعية دموية مختلفة*

T.S. of different blood vessels

الشرايين Arteries

وهى التى تحمل الدم من القلب إلى الأنسجة وتتميز بسمك الطبقة العضلية فى جدارها مقارنة بالأوردة. ويندفع الدم فى الشرايين نتيجة انقباض عضلات البطين الأيسر؛ ولذا فضغط الدم داخل الشرايين متردد بين ارتفاع يليه انخفاض؛ وذلك تبعا لانقباض وارتخاء عضلات القلب وهذا يعرف باسم النبض **pulse**؛ ولذا فضغط الدم المرتفع يسمى بالضغط الانقباضى **systolic pressure**، وهو فى الإنسان العادى حوالى ١٢٠ مم زئبق، أما الضغط المنخفض فيسمى بالضغط الارتخائى **diastolic pressure** وهو فى الإنسان السليم حوالى ٨٠مم زئبق ويعبر عن الضغط برقمين يوضعان فى صورة كسر، بسطه الضغط الانقباضى ومقامه الضغط الارتخائى ١٢٠/ ٨٠.

الأوردة Veins

الأوردة هى الأوعية الدموية التى تحمل الدم من أنسجة الجسم المختلفة إلى القلب وجدارها العضلى أقل سمكا من الشرايين. وتبدأ الأوردة كشعيرات دموية فى الأنسجة

والتى تتجمع فى أوردة صغيرة ثم فى أوردة أكبر لكى تنقل الدم مباشرة إلى القلب. وهناك نوع من الأوردة ينقل الدم إلى عضو آخر غير القلب ويسمى فى هذه الحالة وريد بابى **portal vein**، مثال ذلك الوريد الكبدى البابى **hepatic portal vein** والذى يقوم بنقل الدم من المعدة والأمعاء إلى الكبد.

ويمكن تلخيص الدورة الدموية فى الفقاريات ومنها الإنسان كما يلى:

يصل الدم المؤكسج من الرئتين عن طريق الأوردة الرئوية إلى الأذين الأيسر، كما يعود الدم غير المؤكسج فى الأوردة الجوفاء إلى الأذين الأيمن وبانقباض الأذينين ينتقل الدم المؤكسج من الأذين الأيسر إلى البطين الأيسر والدم غير المؤكسج من الأذين الأيمن إلى البطين الأيمن. وعند انقباض البطينين يندفع الدم المؤكسج إلى الشريان الأورطى الذى يحمله عن طريق أفرعه العديدة إلى كل أعضاء الجسم. كما يندفع الدم غير المؤكسج من البطين الأيمن إلى الشريان الرئوى الذى يحمل الدم إلى الرئتين حيث تتم الأكسجة. وكما أشرنا سابقا فإن هناك دورة دموية فرعية تمر عبر الكبد تعرف بالدورة الكبدية البابية.

القلب Heart

القلب فى الفقاريات عبارة عن عضو عضلى **muscular organ** يوجد فى تجويف الصدر ويكون مغطى بغلاف ليفى متماسك يسمى غشاء التامور **pericardium**.

والقلب فى الأسماك يحتوى على حجرتين هما أذين **atrium (or auricle)** وبطين **ventricle**. ومع وجود حجرتين ثانويتين هما الجيب الوريدى **sinus venosus** والمخروط الشريانى **conus arteriosus** إلا أنه يطلق على القلب فى الأسماك القلب ذو الحجرتين **two-chambered heart** أما فى البرمائيات فيتكون القلب من أذينين وبطين واحد، أى يتكون من ثلاث حجرات. وفى بعض الزواحف ينقسم البطين إلى حجرتين وبالتالى نجد أن القلب ذا الأربع حجرات يظهر فى قلة من الزواحف وأيضا فى كل من الطيور والثدييات؛ ولذا فالقلب فى الفقاريات المتقدمة يتكون من نصفين كل نصف يشتمل على أذين وبطين. فالنصف الأيمن يشمل الأذين الأيمن والبطين الأيمن والنصف الأيسر يشمل الأذين الأيسر والبطين الأيسر. وتوجد فى القلب الصمامات الأذين بطينية **atrioventricular valves** والتى توصل ما بين الأذين والبطين فى كل نصف من نصفى القلب. وهذه الصمامات تسمح للدم بالمرور من الأذين إلى البطين ولا تسمح بارتداد الدم فى الاتجاه العكسى، هذا بالإضافة لوجود صمامات عند اتصال

الشرايين الكبيرة بالقلب مثل الشريان الرئوى والشريان الأورطى ويُطلق عليها الصمامات النصف دائرية semilunar valves والتى تمنع ارتداد الدم إلـى القلب. والشكل (٣-٢٧) يوضح تركيب الـقلب فى الإنسان والأوعيـة الدموية المتصـلة به وأيضا دوران الدم داخل القلب.

نشأة وانتقال نبض القلب Origin and conduction of heart beats

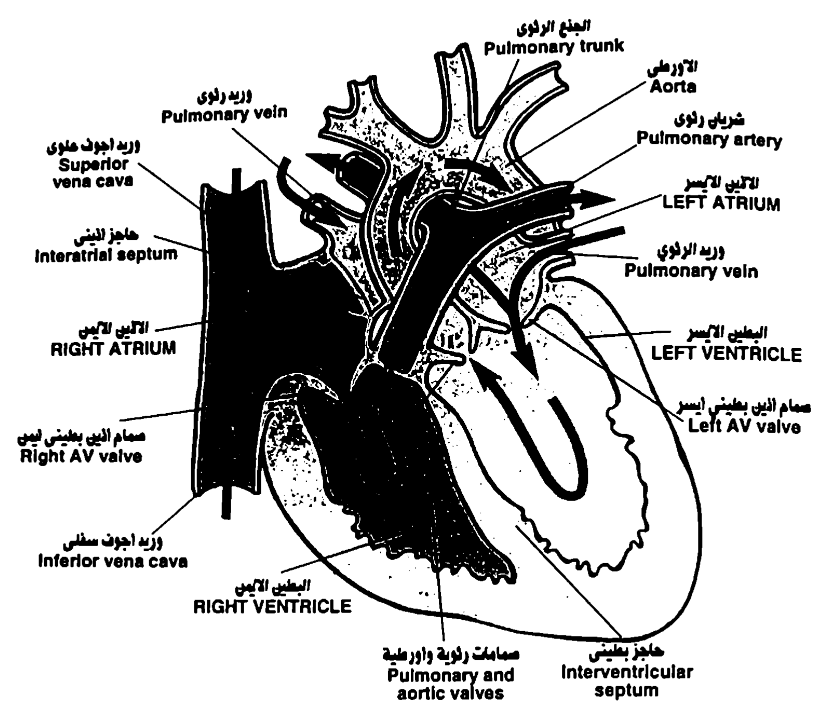
ينشأ نبض القلب فى أنسجة خاصة عبارة عن أليـاف عضلية متحورة موجودة فى القلب وهى التى تعـمل على تنظيم واستـمرارية انقـباض عضلة القلـب؛ ولذا فإن هذه الأنسجة هى المسئولة عن بداية واستمرارية نبض القلب. وكما هو موضح فى شكل (٣-٢٨) تتكون هذه الأنسجة من العقدة الجيب أذينية (sinoatrial node (SA node والتى توجد فى جدار الأذين الأيمن بالقرب من مـدخل الوريد الأجوف العلوى. وهذه العقدة تعمل كـمنظم لنبضـات القلب؛ ولذا يُطلق عليهـا صانع أو بادئ الخطى pacemaker حيث ينتشر منها فى مسارات pathways محددة جهد الفعل action potential إلى العقدة الأذين بطينية (atrioventricular node (AV node، ومنها تنتقل الإشارة إلى الحزمـة الأذين بطينية (atrioventricular bundle (AV bundle والتى تعرف أيضا باسم حزمة هس bundle of His وتنقسم هذه الحـزمة إلى فرعين أحدهمـا يتـجه إلى جدار البطـين الأيـسر والآخـر يتـجه إلى جـدار البطـين الأمين. حيث تنتهى فى الألياف العضلية للبطـينين بفروع صغيرة تسـمى ألياف بيركنجى Purkinje fibers؛ ولذا يُطلق أحيانا على هذه الأنسجة الجهاز المسئول عن التوصيل فى القلب.

وعلى ذلك ومن خلال انتشار فعل الجهـد فى هذه الأنسجة نجد أن القلب ينقبض بطريقة ما بحيث ينقبض الأذينين أولا ثم يعقب ذلك انقباض البطينين وبعد فترة استرخاء لعضلة القلب تبدأ نبضة جديدة بنفس الإيقاع.

وقد يحـدث أحيانا تلف لبـعض أنسجة هذا الجـهاز مما يسبـب عدم انتظام نبض القلب؛ لذا يُستـخـدم فى هذه الحـالة منظم صناعى يوضع داخل جـسم المريض لتنظيم ضربات القلب.

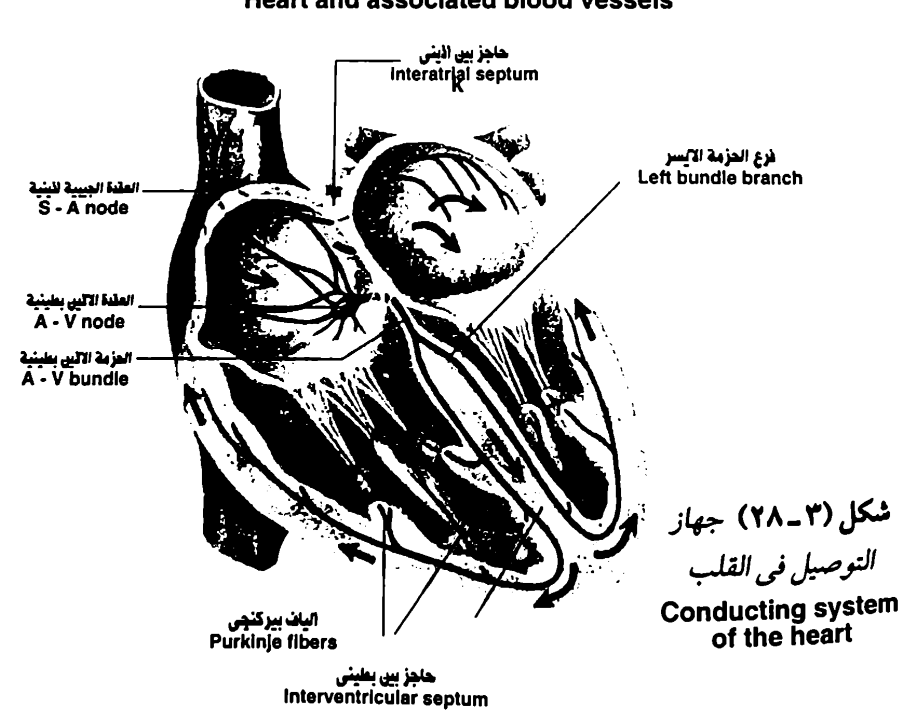
معدل نبض القلب Rate of heart beat

يختلف معدل نبض القلب فى الأنواع المختلفـة من الحيوانات حيث يقل كلما زاد وزن الجسم فعلى سبيل المثال فى الفيل نجد أن معدل النبض ٢٥ نبضة فى الدقيقة، وفى الإنسان ٧٠ نبضـة، وفى القطة ١٢٥ نبضة، وفى الفأر يصل المعـدل إلى ٤٠٠ نبضة. وهناك عوامل عديدة تؤثر فى معدل نبض القلب مثل السن والجـنس والحالة النفسية كما



شكل (٣ ـ ٢٧) القلب والأوعية الدموية المتصلة به

Heart and associated blood vessels



شكل (٣ ـ ٢٨) جهاز التوصيل فى القلب

Conducting system of the heart

فى حالات الخوف والغضب، هذا بالإضافة إلى المجهـود العضلى، فالتمرينات الرياضية تزيد من معدل نبـض القلب وبالتالى يزيد الدفع القلبى **cardiac output** (وهو حجم الدم الذى يندفع من القلب فى الدقيقة). وهذه إحدى الفوائد الـهامة لممارسة التمرينات الرياضية. ويتأثر نبض القلب أيضا ببعض الهرمونات مثل هرمون الأدرينالين والذى يُفرز من نخاع غدة الكظر **adrenal medulla** حيث يُؤثر هذا الهرمـون على عضلة القلب ويسبب زيادة معدل وقوة نبض القلب، كما أن معدل النبض يتأثر بمدى إثارة أحد فرعى الجهاز العـصبى اللاإرادى **autonomic nervous system** وهو المعروف باسم الجهاز العصـبى السمبـتاوى **sympathetic nervous system** حيث تؤدى زيادة نشاط هذا الجهاز إلى زيادة معدل نبض القلب.

أصوات القلب Heart sounds

هناك صوتان يمكن سماعهـما فى القلب الطبيعى عند وضع الأذن على صدر أى شخص والتى تكون أكثر وضوحا باسـتخدام سماعة الطبيب **stethoscope**، فالصوت الأول يكون بسبب اهتـزازات الصمامات الأذين بطيـنية عند غلقها بعـد اندفاع الدم من الأذينين إلى البطينين. أما الصـوت الثانى فيكون بسبب ضـيق الصمامات عند فـتحات الشـرايين الكبـيرة المتـصلة بالقلب وخـاصـة الصمـام الأورطى وذلك عـقب غلق هذه الصمامـات، وأى تلف لصمامات القلب يؤدى إلى سمـاع أصوات غير طبيـعية للقلب وتسمى هذه الحالة المرضية لغط القلب **heart murmurs**.

الرسم الكهربى للقلب Electrocardiogram (ECG)

عند وصول الإشـارة المسببة لانقبـاض الألياف العـضلية للقلب يحدث تغـير فى قطبـية **polarity** أغـشـية الأليـاف العـضليـة وهذا مـا يعـرف باسم إزالة القطبـيـة **depolarization**، والذى يسبـب انقباض عـضلة القلب ثم يتـبع ذلك إعادة القطبـيـة **repolarization**. وهذه التغـيرات الكهـربية لأغشـية الألياف العـضلية القلبـية يمكن تسجـيلها عن طريق جـهاز يسمى جـهاز رسم القلب الكهربى حـيث تعتـمد فكرة هذا الجهاز على تسجيل الجهد الكهربى بواسطة فولتميتر والذى يكون متصلا بأقطاب كهربية هى عـبارة عن صـفائح معـدنية رقيقـة توضع على صدر الشخص المراد تسـجيل رسم القلب له والرسم الناتج يعرف باسم الرسم الكهربى للقـلب كما هو موضح فى الشكل (٣ -٢٩).

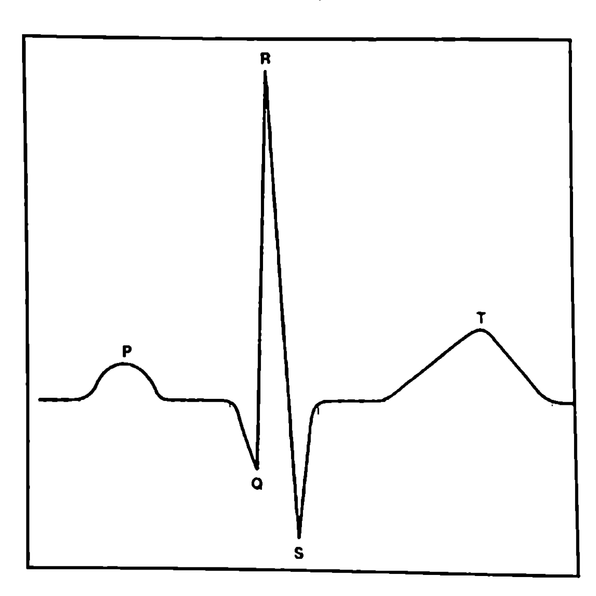
وتظهر فى الرسم الكهربى لقلب الإنسان الطبيعى ٣ موجات هى:

١- الموجة **P (P wave)** وهذه يتم تسجيلها أثناء انقباض الأذينين وتستغرق ٠,١ من الثانية.

٢- الموجة **QRS (QRS wave)** ويتم تسجيلها أثناء انقباض البطينين وتستغرق ٠,٢ من الثانية.

٣- الموجة **T (T wave)** وهذه تمثل فترة ارتخاء عضلة القلب ومدتها ٠,٥ من الثانية.

ويُستفاد من تسجيل رسم القلب فى تشخيص العديد من أمراض القلب وذلك بمقارنة رسم القلب للشخص المريض برسم القلب السليم.

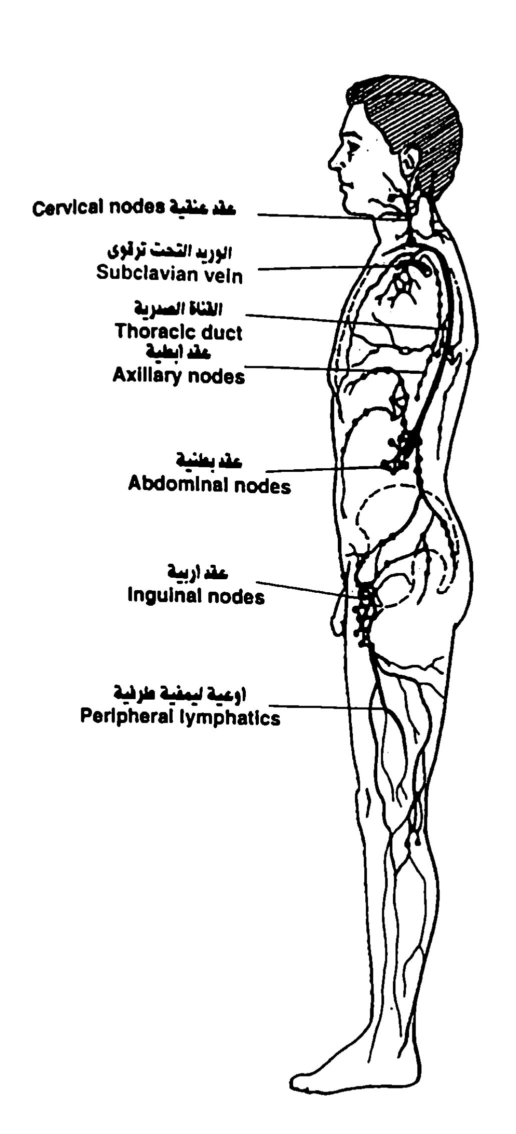


شكل (٣-٢٩) *رسم القلب الكهربى*
Electrocardiogram

الجهازالليمفى Lymphatic system

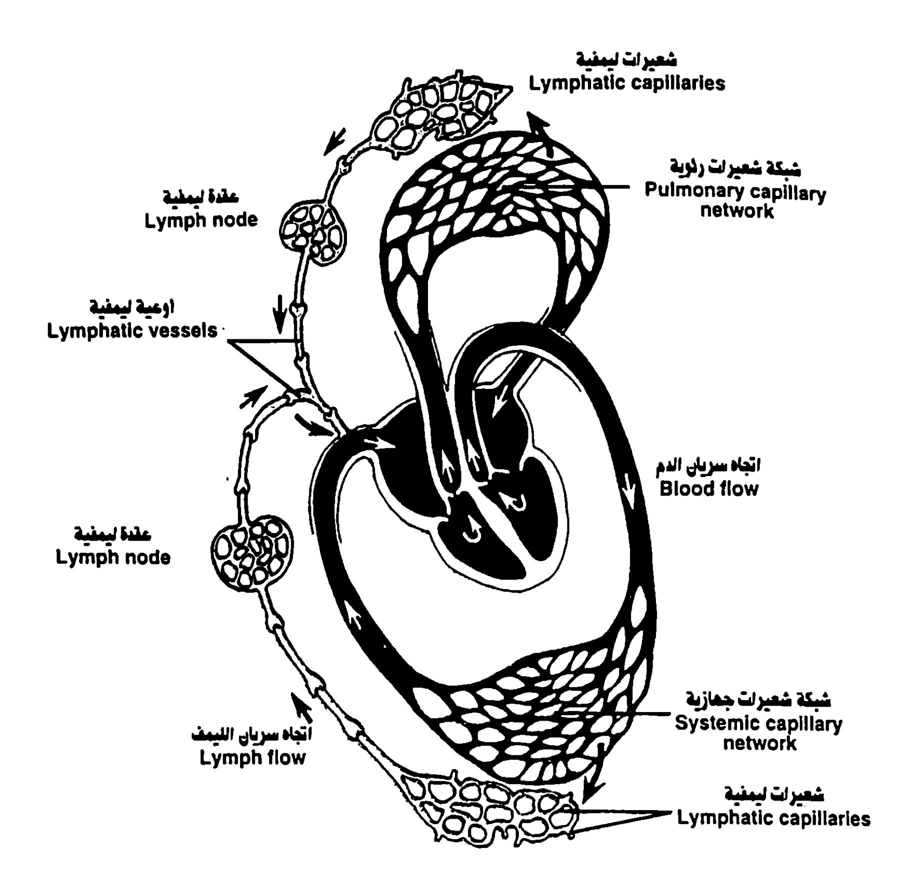
تعمل الأجهزة الدورية المغلقة فى الفقاريات بمساعدة جهاز مكمل لها يعرف بالجهاز الليمفى والذى يُعتبر جهاز لجمع والتقاط السائل البينى **interstitial fluid**، الذى لا يدخل فى الجهاز الوريدى. وينشأ الجهاز الليمفى من شبكة من الشعيرات

موجـودة فى معظم أنسجة الجـسم، وتمتد هذه الشعيـرات لتُكَوّن أوعية ليمفيـة أكبر فأكبر وتصب فى النهاية فى القناة الليمفية الصدرية **thoracic duct** والقناة الليمفية اليـمـنى **right lymph duct** واللتـين تصبـان فى الجهاز الوريدى أسفل الرقـبة (شكل ٣-٣٠).



شكل (٣ـ ٣٠) *الجهاز الليمفى فى الإنسان*
The lymphatic system in man

ويُعـرف الجهـاز الليمـفى على أنه جهـاز مسـاعد لجمـع السائل المنتـشر بين خـلايا الجسم حـيث إن ضـغط الدم فى الشـرايين الدقـيـقـة يعـمل على ترشـيح بلازمـا الدم من خـلال جدر الشـعيـرات الدمـويـة إلى الفـجـوات المـوجـودة بين الخـلايا. والـسـائل النـاتج من عـمليـة الترشيح يُطلق عليـه اسم السائل البينى أو السـائل النسـيـجى، والذى يتـجـه مـعـظـمـه إلى الأوردة عن طـريق الشعـيرات الدموية الوريدية، أمـا السائل المتبـقى والذى لم يتـجـه إلى الأوردة فيتجـمع فى شعيرات ليمفيـة دقيقة والتى تُكَوّن أوعية ليمفـية تعود بهذا السائل إلى الأوردة. ويُطلق على هذا السـائل بمجـرد دخوله الأوعـية الليـمفـية سائل الـليمف **lymph**. ويلاحظ وجود عـقد ليـمفـية **lymph nodes** وأنسجة ليـمفية **lymph tissues** على مـسـافات بطـول الأوعيـة الليـمفـيـة شكل (٣-٣١). ومن أشهـر الأعـضاء الليـمفـيـة فى الجسم الطحـال **spleen**.



شكل (٣ ـ ٣١) *دوران الدم والليمف*

Circulation of blood and lymph

والعقد والأنسجة الليمفية لها عدة وظائف دفاعية فى الجسم وهى:

١- تؤدى دور المرشحات **filters** التى تساعد فى تخليص الجسم من المواد الغريبة وأيضا من البكتيريا الضارة التى قد توجد فى الدورة الدموية.

٢- تقوم العقد والأنسجة الليمفية بتكوين الخلايا الليمفية **lymphocytes**.

٣- تقوم العقد الليمفية بتكوين الأجسام المضادة **antibodies** والتى تصل إلى الدورة الدموية وتساعد على القضاء على البكتيريا والسموم الناتجة عنها.

الأوعية الليمفاوية Lymphatic vessels

توجد الأوعية الليمفاوية فى معظم أجهزة الجسم وجدرها تشبه الأوردة، ولكنها تحتوى على عدد من الصمامات شبه الهلالية أكبر مما هو موجود فى الأوردة، كما توجد عقد ليمفاوية **Lymph nodes** فى أماكن معينة على طول الأوعية الليمفاوية وتبدأ وتنتهى هذه الأوعية بالشعيرات الليمفاوية **Lymphatic capillaries** وترتبط نهايات الشعيرات الليمفاوية بالأنسجة المحيطة بواسطة نسيج ضام رقيق.

ومن أهم ما يميز جدر الشعيرات الليمفاوية هو مرور المواد ذات الأوزان الجزيئية الكبيرة وأيضًا امتصاص المواد من السائل البينى والغير قابلة للنفاذ من جدر الشعيرات الدموية. والأوعية الليمفاوية الموجودة داخل خملات الأمعاء الدقيقة تسمى الأوعية اللبنية **Lacteals** والتى تقوم بامتصاص نواتج هضم الدهون والمواد الليبيدية الأخرى حيث تصل مباشرة عن طريق الأوعية الليمفاوية الرئيسية إلى الدورة الدموية. ويتجمع سائل الليمف من الأجزاء السفلى من الجسم وأيضا من الذراع الأيسر والجزء الأيسر من الصدر والرأس فى وعاء ليمفاوى كبير يسمى القناة الصدرية **thoracic duct** وتفتح هذه القناة فى الوريد تحت الترقوى الأيسر **left subclavian vein** أسفل الرقبة (شكل ٣-٣٠) أما سائل الليمف المتجمع من الذراع الأيمن والجزء الأيمن من الصدر والرأس فإنه يتجه إلى وعاء ليمفاوى آخر يسمى قناة الليمف اليمنى **right lymph duct**.

الفصل الحادي عشر

الجـــهاز التنفـــسى

Respiratory System

التنفس **respiration** هو عملية تبادل غاز الأكسـجين وغاز ثانى أكسيد الكربون بين الحيوان والبيئة المحيطة به حيث يُستخدم الأكسجين فى عـمليات إطلاق الطاقة من المواد العضوية الموجودة داخل خلايا الجسم، ومن هنا تُقسم عمليات التنفس إلى ثلاث مراحل:

١- تنفس خارجي **external respiration** وهو عملية تبادل الغازات بين هواء الرئتين والدم.

٢- تنفس داخلى **internal respiration** وهو عمـلية تبادل الغـازات بين الدم وخلايا الجسم.

٣- تنفس خلوى **cellular respiration** والمقـصـود به عـمليـات استـخـدام الأكسـجين فى أكسـدة المواد العضـوية والتى ينتج عنها انطلاق الـطاقة داخل الخلايا.

ومعظم الحـيوانات تحتاج لوجـود الأكسجين فى البـيئة المحـيطة بها، ولكن هناك عددا قليلا جـدا من الكائنات الحية يمكنها العـيش فى غياب الأكسجين مـثل الطفيليات التى تعيش فى الأمعاء وبعض الكائنات الدقيقة.

أعضاء التنفس Respiratory organs

١- الرئتان Lungs

أعضـاء التنفس فى الفـقاريات العليـا هى الرئتان والتى تكون غنـية بالتـجاويف الداخلية والأوعـية الدموية حيث تتـميز بمقدرتهـا الفائقة على تبادل الغـازات مع الهواء المحيط بالحيوان.

٢- الخياشيم Gills

تعتبـر الخياشيم وسيلـة تنفسية مناسبـة للحياة فى الماء حيث تكون مـزودة بأوعية دموية كثيرة تساعد فى استخراج أكبر قدر من الأكسجين الذائب فى الماء. والخياشيم غير

مناسبة للحياة فى الهواء لأنه عند خروج الحيوانات من الوسط المائى تلتصق الخياشيم مع بعضها وتتعرض الحيوانات للاختناق.

٣- التنفس الجلدى Cutaneous respiration

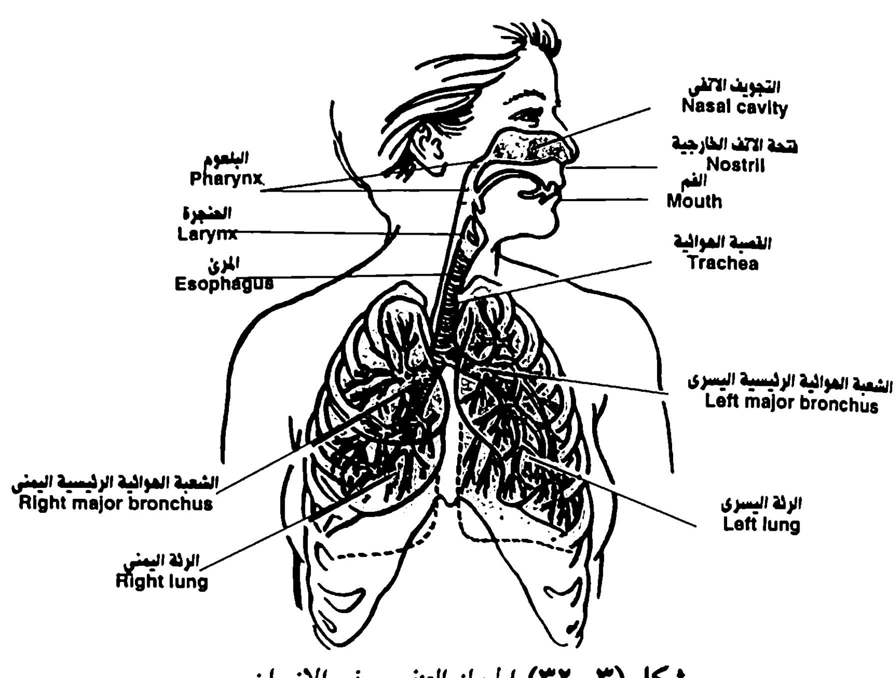
تتم عمليـة التنفس فى الحيـوانات الأولية **Protozoa** والإسفنجـيات **sponges** واللاسعات **Cnidaria** وأيضا فى كثير من الديدان **worms** عن طريق الانتشار المباشر للغازات من خـلال السطح الخارجى، ومن هنا تحدث عـملية تبادل الغـازات بين الجسم والبيئة المحيطة بالحيوان وعادة مـا تكون هذه الوسيلة مكملة لعملية التنفس بالخياشيم أو بالرئات فى بعض الحيوانات الفقارية مثل الأسماك والبرمائيات.

٤- القصيبات الهوائية Tracheae

يوجد فى الحـشرات **insects** وفى بعض الأنواع الأخرى مـن مفصليـات القدم الأرضيـة **terrestrial arthropods** جـهاز تنفـسى يتكون من أنابيب يُـطلق عليهـا قُصيـبات هوائية والتى تتفـرع وتمتد إلى كل أجزاء الجسم حيث يـدخل الهواء من خلال فتـحات أو ثغور تنفسـية **spiracles** موجـودة على جانبى الجسم ويـنتقل ثانى أكسـيد الكربون إلى الخارج فى الاتجاه المضاد.

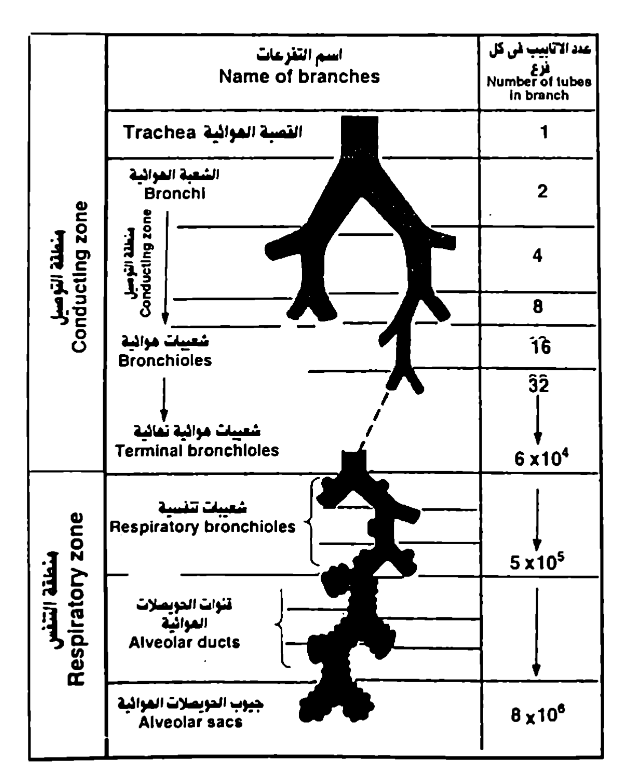
الجهاز التنفسى فى الإنسان Respiratory system in man

يتكون الجهاز التنفسى فى الثديات بما فـيها الإنسان كما فى شكل (٣-٣٢)، من فتـحتى الأنف الخارجـيتين **external nares (nostrils)** والتى يمر منهمـا الهواء إلى الغرفتين الأنفيتين **nasal chambers** والتى يُبطن كلا منهما طبقة طلائية تفرز مخاطا، ثم يصل الهـواء عن طريق فـتحـتى الأنف الداخليـتين **internal nares** إلى البلعوم **pharynx** والذى يعتبر ممرا مـشتركا للهواء فى الجهاز التنفـسى وأيضا للغذاء فى القناة الهضمية. وعندئذ يمر الهواء إلى الحنجرة **larynx** من خلال فتحة المزمار **glottis** والتى تكون مغطاة بلسان المزمار **epiglottis**. ومن الحنجرة يندفع الهواء إلى القصـبة الهوائية **trachea** والتى تكون مدعـمة بحلقات غضـروفية لكى تظل مفـتوحة دائما. والقـصبة الهـوائية مـبطنة بغشـاء مخـاطى خلاياه مـزودة بأهداب ويحتـوى على غدد مـخاطية **mucous glands** تفرز مخاطا. وتمتد القصبة الهوائية إلى القفص الصدرى حيث تتفرع إلى شعبتين هوائيتين **bronchi**، وكل شعبة هوائية **bronchus** تكون مبطنة أيضا بغشاء مخاطى به أهداب كما أنهـا مدعمة بحلقات غضروفية. وداخل الرئتين تـتفرع كل شعبة وتنقـسم إلى شعـيبات هوائـية **bronchioles** يوجد بـجدارها ألياف عـضلية مـلساء



شكل (٣ـ ٣٢) الجهاز التنفسى فى الإنسان

Respiratory system in man



	اسم التفرعات Name of branches	عدد الانابيب فى كل فرع Number of tubes in branch
منطقة التوصيل Conducting zone	Trachea القصبة الهوائية	1
	الشعبة الهوائية Bronchi	2
	منطقة التوصيل Conducting zone	4
		8
	شعيبات هوائية Bronchioles	16
		32
	شعيبات هوائية نهائية Terminal bronchioles	6 x10^4
منطقة التنفس Respiratory zone	شعيبات تنفسية Respiratory bronchioles	5 x10^5
	قنوات الحويصلات الهوائية Alveolar ducts	
	جيوب الحويصلات الهوائية Alveolar sacs	8 x10^6

شكل (٣ـ ٣٣) تفرعات الشعب الهوائية

Branching of bronchi

(لاإرادية)، ثم تنتهى الشعيبات فى الحويصلات الهوائية **alveoli** والتى يكون جدارها رقيقا ورطبا ليساعد على تبادل الغازات بين الهواء الموجود داخل هذه الحويصلات والشعيرات الدموية الملاصقة (شكل ٣-٣٣). وعند وصول الهواء إلى الحويصلات الهوائية تحدث له عدة تغيرات:

١- يُرشح ليصبح خاليا من معظم الأتربة والمواد الغريبة العالقة الأخرى.

٢- يتم تدفئته إلى درجة حرارة الجسم.

٣- يكون مشبعا بالرطوبة.

آلية التنفس Mechanism of breathing

يشتمل التنفس على عمليتين هما: الشهيق **inspiration** والزفير **expiration** فأثناء عملية الشهيق تنقبض عضلات الضلوع **intercostal muscles** وعضلة الحجاب الحاجز **diaphragm**. وهذا يؤدى إلى ارتفاع الضلوع ويصبح الحجاب الحاجز مسطحا وهنا يتسع حيز الصدر وتتمدد الرئتان، وهذا يؤدى إلى انخفاض ضغط الهواء داخل الرئتين عن الضغط الجوى فيندفع الهواء من الخارج ليملأ الرئتين. أما فى عملية الزفير فتنبسط عضلات الضلوع والحجاب الحاجز فيقل حجم الصدر والرئتين أو بمعنى آخر يعود حجم التجويف الصدرى والرئتين إلى الحجم الطبيعى؛ ولذا يُطرد الهواء إلى الخارج.

ولو توقفت عملية التنفس **apnea** أى توقفت الحركات التنفسية كما يحدث فى بعض الأحيان تحت تأثير مادة مخدرة مثلا أو عند حدوث غرق فى الماء فهنا لابد من اللجوء إلى عمليات التنفس الصناعى **artificial respiration** فى محاولة لإعادة الحركات التنفسية مرة أخرى.

وتُستخدم بعض المصطلحات للتعبير عن حجم الهواء الذى يُؤخذ فى عملية الشهيق وحجم الهواء الذى يُطرد فى عملية الزفير وأيضا بعض المصطلحات الأخرى المرتبطة بسعة الرئة فى الظروف المختلفة للتنفس، وفيما يلى تعريف لهذه المصطلحات:

١- حجم هواء التنفس العادى Tidal volume

يُعبر هذا المصطلح عن كمية الهواء التى تدخل الرئتين فى عملية الشهيق أثناء التنفس بطريقة هادئة ولذا تُطرد نفس هذه الكمية فى عملية الزفير وهى تساوى تقريبا نصف لتر فى الإنسان.

٢- الحجم الاحتياطى للشهيق Inspiratory reserve volume

عند أخذ شهيق عميق يمكن للإنسان أن يأخذ كمية من الهواء بالإضافة إلى حجم هواء التنفس العـادى وقـد يصل حـجم الهـواء الذى يدخل الرئتين فى هذه الحـالة إلى حوالى ٣,٢ لتر لذا يعرف بالحجم الاحتياطى للهشيق.

٣- الحجم الاحتياطى للزفير Expiratory reserve volume

إذا أجريت عـملية زفير قـوية بعد إتمام عمليـة زفير عادية فـإنه يُطلق على حجم الهواء الذى يُطرد من الرئتين بعد أعمق زفير الحجم الاحتياطى للزفير وهو حوالى ١,١ لتر.

٤- الحجم المتبقى Residual volume

يستخدم هذا المصطلح للدلالة على حجم الهواء المتـبقى فى الرئة بعد أعمق زفير ممكن حيث لا تزال توجد كمية من الهواء داخل الرئتين وهى تُقدر بحوالى ١,٢ لتر.

٥- السعة الكلية للرئة Total lung capacity

ويُقصد بها السعة القـصوى التى يمكن أن تصل إليها الرئة فى الإنسان عند تمددها بعد أعمق شهيق ممكن وهى تساوى مجموع الأحجام الأربعة التى سبق الإشارة إليها لذا فهى تساوى تقريبا ستة لترات.

٦- السعة العادية Normal capacity

والمقصود بهـا حجم الهواء المتبقى فى الـرئة بعد عملية زفيـر عادية وهى تساوى حجم الهواء المتبقى + الحجم الاحتياطى للزفير أى حوالى ٢,٣ لتر.

٧- السعة الشهيقية Inspiratory capacity

وهى تعنى كمـية الهواء التى يـأخذها الإنسان بعـد أعمق شهـيق ممكن وتساوى حجم هواء التنفس العادى + الحجم الاحتياطى للشهيق أى حوالى ٣,٧ لتر.

٨- السعة الحيوية Vital capacity

والمقصود بها حجم الهواء الذى يُطرد بعد أخـذ أعمق شهيق ممكن والسعة الحيوية تساوى السـعة الكليـة للرئة مطروحا منهـا حجم الهـواء المتبقى بعـد أعمق زفـير ممكن وتساوى تقـريبا ٤,٨ لترا؛ ولذا يمكن أن يُعبّـر عنها بحاصل جـمع حجم هواء التنفس العادى وحجم احتياطى الشهيق وحجم احتياطى الزفير.

التحكم فى عملية التنفس Control of breathing

تنظيم عملية التنفس يتم بطريقتين هما:

١- التنظيم العصبى

٢- التنظيم الكيميائى

١- التنظيم العصبى للتنفس Neural control of breathing

التنظيم العصبى للتنفس يتم عن طريق مركز موجود فى جذع الدماغ **brainstem** ويسمى مركز تنظيم التنفس **breathing control center** حيث ترسل خلايا عصبية معينة فى هذا المركز إشارات عصبية بانتظام تسبب انقباض عضلة الحجاب الحاجز وعضلات الضلوع، والتى تسبب عملية الشهيق. وعند امتلاء الرئتين بالهواء تتوقف هذه الإشارات العصبية لترتخى العضلات وتتم عملية الزفير، هذا بالإضافة لوجود مناطق أخرى بجذع الدماغ تستقبل إشارات عصبية من مستقبلات كيميائية **chemoreceptors** موجودة فى الدماغ وفى بعض الشرايين. وهذه المستقبلات تتأثر بضغط غاز ثانى أكسيد الكربون فى الدم، ومن هنا تعمل على زيادة معدل التنفس عند زيادة ضغط غاز ثانى أكسيد الكربون.

٢- التنظيم الكيميائى للتنفس Chemical control of breathing

تتأثر عملية التنفس بالضغط الجزئى فى الدم لكل من ثانى أكسيد الكربون والهيدروچين والأكسچين وذلك من خلال خلايا المراكز العصبية الخاصة بالتنفس التى تتأثر بأى تغيرات فى تركيز هذه الغازات، ويعتبر ثانى أكسيد الكربون أنشط وأقوى منظم للتنفس. وتوجد فى جدار الشريان الأورطى **aorta** والشريان السباتى **carotid artery** مستقبلات كيميائية **chemoreceptors** تتأثر بانخفاض ضغط الأكسچين أو زيادة ضغط ثانى أكسيد الكربون، ومن هنا ترسل هذه المستقبلات إشارات عصبية إلى المراكز العصبية الخاصة بالتنفس والتى تعمل على تنبيهها.

الأصباغ التنفسية Respiratory pigments

الجزء الأكبر من الأكسچين الذى ينقله الدم من الرئتين إلى خلايا الجسم يتم عن طريق الارتباط بصبغ تنفسى حيث إن كمية الأكسچين المذابة فى بلازما الدم تكون قليلة

جدا ولا تفى باحتياجات خلايا الجسم. ويوجد نوعان من الأصباغ التنفسية الأكثر انتشارا فى المملكة الحيوانية هما الهيموجلوبين **haemoglobin** والهيموسيانين **haemocyanin**. والهيموجلوبين عبارة عن بروتين يحتوى على الحديد ويوجد داخل كريات الدم الحمراء فى جميع الفقاريات والعديد من اللافقاريات. أما الهيموسيانين فهو عبارة عن بروتين يحتوى على النحاس ويوجد هذا الصبغ التنفسى فى القشريات **crustaceans** وبعض الرخويات مثل الرأسقدميات **cephalopods**.

انتقال الغازات فى الدم Transport of gases in blood

(أ) انتقال الأكسچين Transport of oxygen

يتكون جزىء الهيموجلوبين من ٥٪ هيم وهو الجزء المحتوى على ٤ ذرات من الحديد والذى يسبب اللون الأحمر للدم و٩٥٪ جلوبين. وجزء الهيم له مقدرة فائقة على الارتباط بالأكسچين. وهذا الارتباط يتوقف على الضغط الجزئى للأكسچين فى الوسط المحيط بكريات الدم الحمراء. وكل ذرة من الحديد ترتبط بجزىء من الأكسچين لذا فجزىء الهيموجلوبين يمكن أن يرتبط بأربعة جزيئات من الأكسچين كما هو موضح بالمعادلات الآتية:

$$Hb_4 + O_2 \rightleftharpoons Hb_4O_2$$

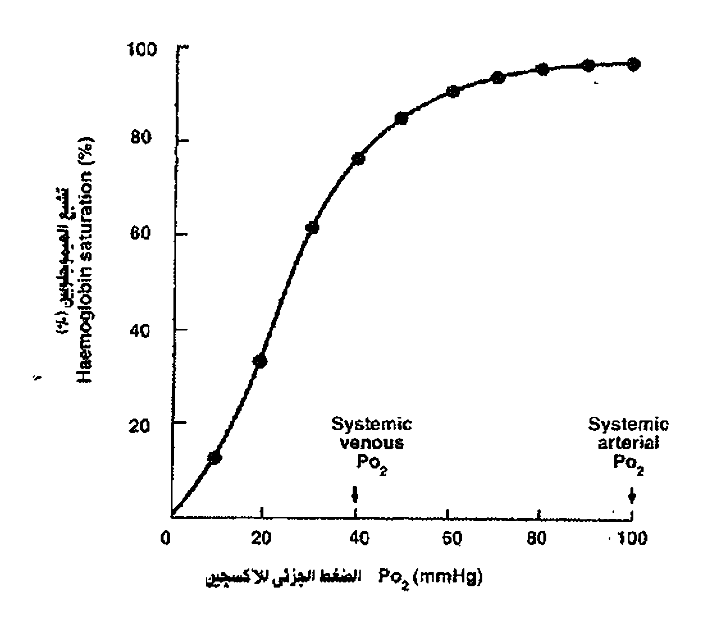
Haemoglobin **Oxyhaemoglobin**

$$Hb_4O_2 + O_2 \rightleftharpoons Hb_4O_4$$

$$Hb_4O_4 + O_2 \rightleftharpoons Hb_4O_6$$

$$Hb_4O_6 + O_2 \rightleftharpoons Hb_4O_8$$

وتعتمد كمية الأكسچين التى يمكن أن يحملها الدم على كمية الهيموجلوبين فى كريات الدم الحمراء ولكن مقدرة الهيموجلوبين على الارتباط بالأكسچين وفك الارتباط بينهما فيعتمد على الضغط الجزئى للأكسچين. وهناك علاقة بين نسبة تشبع الهيموجلوبين بالأكسچين والضغط الجزئى للأكسچين تمثل بيانيا بمنحنى يطلق عليه اسم منحنى فك الارتباط بين الأكسچين والهيموجلوبين **oxygen dissociation curve of haemoglobin** (شكل ٣-٣٤).



شكل (٣ ـ ٣٤) منحنى فك الارتباط بين الأكسچين والهيموجلوبين
Oxygen dissociation curve of haemoglobin

وللهيموجلوبين مقدرة على الارتباط بالأكسچين ليكونا معا مركبا غير ثابت **unstable** يحدث له تفكك بسهولة لكي يتحرر الأكسچين مرة أخرى. فعندما يصل الدم إلى الرئتين وعن طريق الشريان الرئوى يكون الضغط الجزئى للأكسچين فى هواء الرئتين مرتفعا (حوالى ١٠٠ مم زئبق) وعندئذ يرتبط الهيموجلوبين فى الشعيرات الدموية للرئتين بالأكسچين ثم يعود الدم مرة أخرى من الرئتين إلى الأنسجة والتى يكون فيها الضغط الجزئى للأكسچين منخفضا (١٠ - ٤٠ مم زئبق)؛ لذا يتفكك الأكسى هيموجلوبين ويعطى الدم معظم ما يحمله من الأكسچين إلى خلايا الأنسجة.

وللهيموجلوبين قابلية للارتباط بغاز أول أكسيد الكربون قد تصل مائتى مرة ارتباطه بالأكسچين، وهذا الارتباط يكون قويا ويتكون مركب ثابت **stable compound** يسمى الكاربوكسى هيموجلوبين **carboxyhaemoglobin**. وفى هذه الحالة يكون جزىء الهيموجلوبين المرتبط بغاز أول أكسيد الكربون ليست له أى مقدرة على الارتباط بالأكسچين؛ ولذا فغاز أول أكسيد الكربون يعتبر غازا ساما ولو وصلت نسبته فى الهواء إلى ٠,٢٪ قد يؤدى إلى الوفاة.

(ب) انتقال ثانى أكسيد الكربون Transport of carbon dioxide

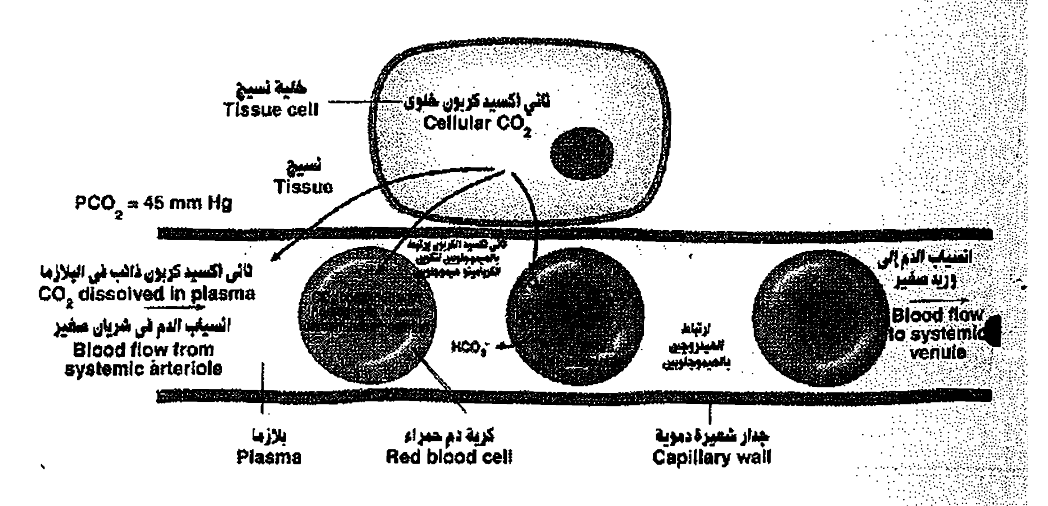
عن طريق الدم الذى قام بنقل الأكسچين من الرئتين إلى الأنسجة يتم أيضا نقل ثانى أكسيد الكربون من الأنسجة فى طريق عودته إلى الرئتين ولكن انتقال ثانى أكسيد الكربون يختلف عن انتقال الأكسچين فى كونه ينتقل بثلاث طرق مختلفة (شكل ٣-٣٥):

١- الجزء الأكبر من ثانى أكسيد الكربون (حوالى ٦٧٪) والذى يصل إلى الدم يتحول داخل كريات الدم الحمراء إلى حامض الكربونيك **carbonic acid** والذى يتأين إلى أيونات البيكربونات **bicarbonate** والهيدروچين **hydrogen** بمساعدة إنزيم الكربونيك أنهيدريز **carbonic anhydrase** كما هو موضح بالمعادلتين الآتيتين:

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons \underset{\text{Carbonic acid}}{H_2CO_3}$$

$$\underset{\text{Carbonic acid}}{H_2CO_3} \xrightleftharpoons{\text{carbonic anhydrase}} \underset{\text{Bicarbonate}}{HCO_3^-} + \underset{\text{Hydrogen}}{H^+}$$

وأيونات الهيدروچين المتكونة يتم معادلتها بالعديد من المركبات المنظمة **buffered compounds** الموجودة فى الدم. أما أيونات البيكربونات فتذوب إذابة طبيعية سواء فى البلازما أو داخل كريات الدم الحمراء.



شكل (٣-٣٥) انتقال غاز ثانى أكسيد الكربون
Transport of carbon dioxide

٢- جزء آخر من ثانى أكسيد الكربون (حوالى ٢٥٪) يرتبط عكسيا **reversibly** بالهيموجلوبين حيث ينتقل إلى الرئتين ليتم تبادله مع الأكسجين. والمركب الناتج من ارتباط الهيموجلوبين بغاز ثانى أكسيد الكربون يُطلق عليه اسم كربامينوهيموجلوبين **carbaminohaemoglobin**.

$$CO_2 + HbNH_2 \rightleftharpoons \underset{\text{Carbaminohaemoglobin}}{HbNHCOOH}$$

وكما فى حالة ارتباط الأكسجين بالهيموجلوبين فإن ارتباط ثانى أكسيد الكربون بالهيموجلوبين وفك هذا الارتباط يكون مرتبطا بالضغط الجزئى للغاز. ويمكن أيضا رسم علاقة بين الضغط الجزئى لغاز ثانى أكسيد الكربون ومحتوى الدم من الغاز ويعرف هذا المنحنى بمنحنى فك ارتباط الدم بثانى أكسيد الكربون **CO_2 dissociation curve of haemoglobin**.

٣- الجزء المتبقى من غاز ثانى أكسيد الكربون ويمثل حوالى ٨٪ من الغاز المنطلق من خلايا الجسم يذوب إذابة طبيعية **physically dissolved** فى بلازما الدم وأيضا فى كريات الدم الحمراء.

الفصل الثاني عشر

الأجهــزة الإخـــراجية

Excretory Systems

عملية الإخراج **excretion** تعنى تخليص الجسم من المواد الإخراجية الناتجة من عمليـات الأيض المختلفة، والتي لا يستـفاد منها وقـد يكون بعضها ضـارا إذا تراكمت داخل خلايا الجسم. وتعـمل الأجهزة الإخراجية علـى التخلص من الماء الزائد والمعادن والمواد العضـوية وأيضا الغازات، بينمـا يحتفظ الجسـم بالمواد الضرورية لأداء الوظائف الحيوية؛ لذا فالأجهزة الإخراجية تلعب دورا هاما في التخلص من النواتج النيتروجينية، وأيضا في ثبات الرقم الهيدروچيني لسوائل الجسم. والفضلات الرئيسية الناتجة من أيض المواد الكربوهيدراتيـة والليبيدات هي ثـاني أكسيد الكربون والماء، حـيث يخرج الماء في البول بواسطة الأعـضاء الإخراجـية وأيضا من الجلد في صـورة عرق. أما ثاني أكسـيد الكربون فيخرج عن طريق الأعضاء التنفـسية، وأيضا بواسطة الانتشار من خلال الجلد. والفضلات الرئيسية الناتجة من أيض البروتينات والأحماض النووية فهي المركبات المحتوية على النيتروچين ويطلق عليها اسم الفـضلات النيتروچينية **nitrogenous wastes** وهي الأمونيا **ammonia** والبولينا **urea** وحامض البوليك **uric acid**.

والأمونيا مادة إخراجية سامة جدا ومن هنا فإن الحيوانات التي تعيش في وفرة من الماء تُخرج مـعظم الفضـلات النيتروچينيـة في صورة أمونيـا ومن أمثلة هذه الحـيوانات اللافقاريات التي تعيش في الماء وأيضا بعض الأسـماك. أما في الحيوانات التي لا تعيش في وفـرة من الماء مـثل السـلاحف **turtles** والبـرمـائيـات **amphibia** والثـدييـات **mammals** فإن معظـم الأمونيا يتم تحويلهـا في الكبد إلى مادة أقل في التأثيـر السمي وهي البولينا **urea**. بينما نجـد أن الحيـوانات التي تعيش في بيـئات يندر بهـا الماء فإن معظم الفضلات النيتـروچينية تكون في صورة حامض البوليك **uric acid** والذي يمكن التخلص منه في صورة صلبة. ومن أمـثلة هذه الحيوانات الحشرات **insects** والزواحف **reptiles** والطيور **birds**.

ووظيـفـة عـضـو الإخـراج تكون مـرتبـطة بعـمليـة التنظيم الأسـموزي **osmoregulation** أي بعمليـة اتزان الماء والمعادن. ويمكن تقـسيم أعضـاء الإخراج في المملكة الحيوانية إلى أربعة أنواع:

١- الفجوات المنقبضة **contractile vacuoles** وتوجد فى الأوليات التى تعيش فى المياه العذبة وأيضا فى الأوليات البحرية التى لها أهداب **marine ciliated protozoans**، وفى الإسفنجيات **sponges**.

٢- أنيبوبات مالبيجى **Malpighian tubules** وتوجد فى الحشرات.

٣- الأنيبوبات الإخراجية المزودة بالخلايا اللهبية **excretory tubules with flame cells** وتوجد فى الديدان المفلطحة **Platyhelminthes**، وبعض الديدان الحلقية **annelids**.

٤- الأنيبوبات الإخراجية **excretory tubules** والتى تعتمد فى تكوين البول على عملية الترشيح بالضغط **ultrafiltration** وهذه توجد فى القشريات **crustaceans** والرخويات **molluscs** والفقاريات **vertebrates**.

وهنا تجدر الإشارة إلى أن الأنيبوبات الإخراجية الموجودة فى اللافقاريات والحبليات السفلى **lower chordates** تسمى النفريدات **nephridia** (المفرد: نفريدة **nephridium**)، بينما تسمى فى الحيوانات الفقارية النفرونات **nephrons**.

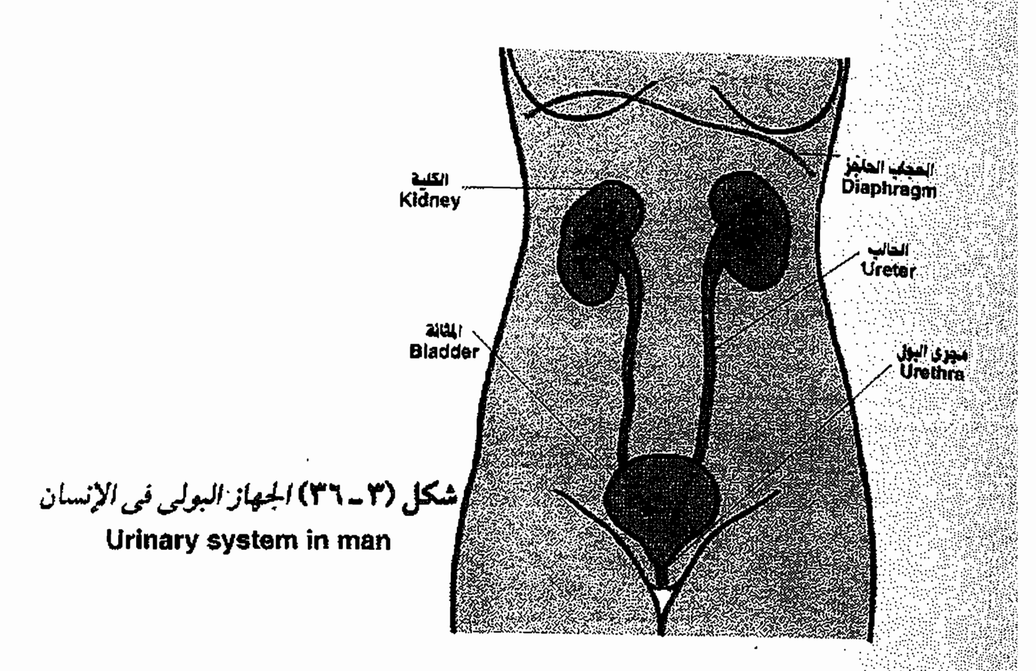
وأعضاء الإخراج الأساسية فى الثدييات هى الكليتان **kidneys** حيث تقوم بتخليص الجسم من المواد الإخراجية النيتروجينية هذا بالإضافة لوجود أعضاء أخرى تلعب دورا فى تخليص الجسم من مواد إخراجية عديدة ومن أمثلتها طلائية الأنف **nasal epithelium**، والغدد اللعابية **salivary glands** والرئتان **lungs** والكبد **liver** والأمعاء الغليظة **large intestine** والجلد **skin**.

الجهاز البولى فى الإنسان Urinary system in man

يتكون الجهاز البولى فى الإنسان من الكليتين **kidneys** ويمتد من كل كلية حالب **ureter**، ويصب الحالبان فى المثانة البولية **urinary bladder** ومنها يخرج البول عن طريق مجرى البول **urethra** (شكل ٣-٣٦) ومجرى البول فى الذكر هو الجزء النهائى للجهاز البولى وأيضا الجهاز التناسلى. أما فى الأنثى فوظيفة مجرى البول إخراجية فقط.

الكلية The kidney

الوظيفة الأساسية للكلية هى تخليص الجسم من المواد الإخراجية والماء الزائد مع المحافظة على حجم وتركيب الدم، وبالتالى فهى المسئولة عن تكوين البول. هذا



شكل (٣ ـ ٣٦) *الجهاز البولى فى الإنسان*
Urinary system in man

بالإضافة لدورها فى الجسم كغدة صماء، كما سيتم الإشارة إليه مع وظائف الغدد الصماء، ومن هنا فالكليتان توصفان كغدتين لونهما أحمر، تقعان فى الجزء الخلفى من تجويف البطن على جانبى العمود الفقارى وتشبه الكلية فى شكلها حبة الفاصوليا. ويدخل كل كلية شريان كلوى **renal artery** ويتفرع إلى فروع صغيرة ويسمى كل فرع شُرَيّن وارد **afferent arteriole** ومتصل بالكلية وعاء دموى آخر هو الوريد الكلوى **renal vein** الذى يخرج فيه الدم من الكلية بعد تخليصه من المواد الإخراجية.

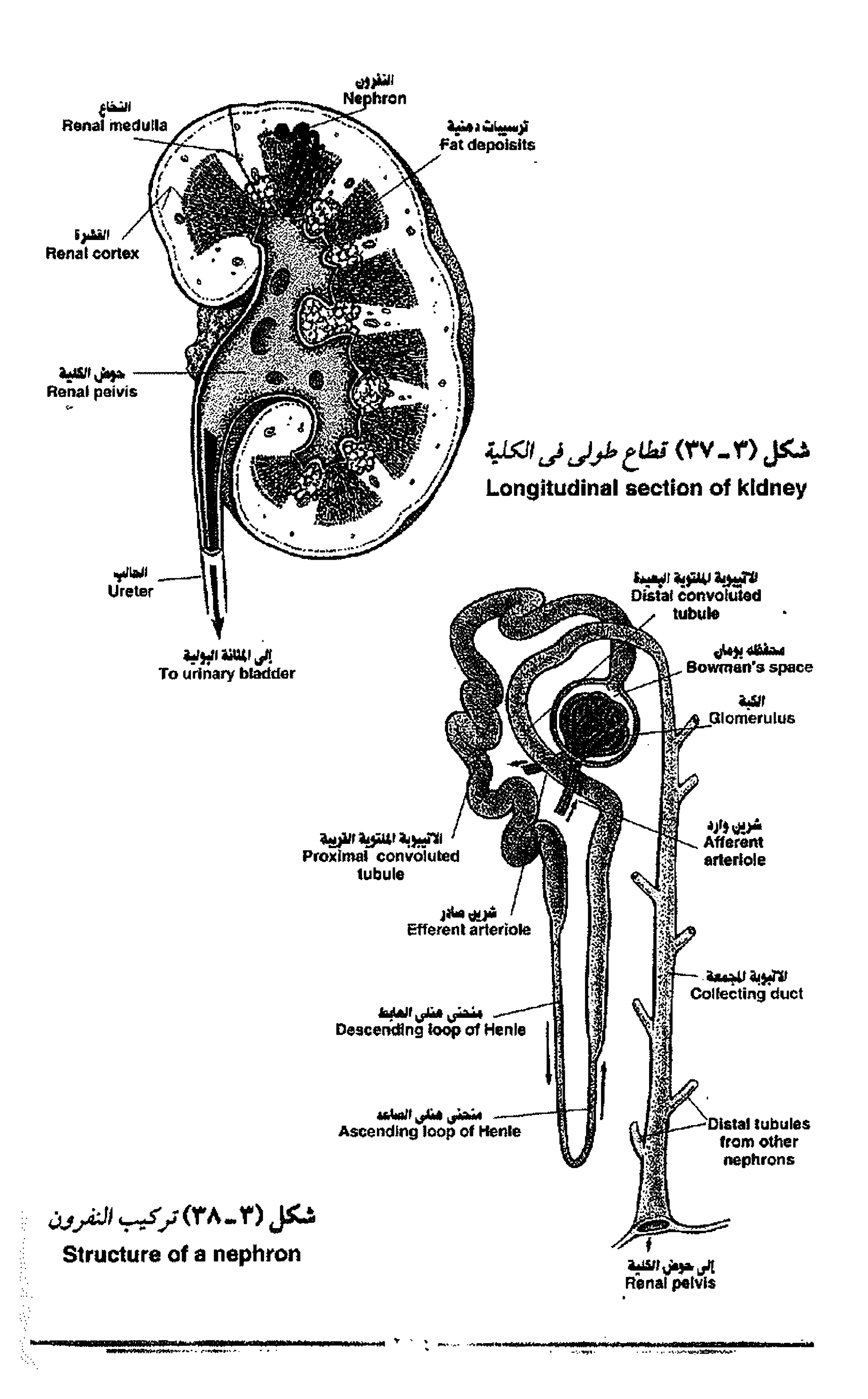
وعند دراسة قطاع طولى للكلية (شكل ٣- ٣٧) نجد أنها تتكون من:

١- القشرة **cortex** وهي المنطقة الخارجية.

٢- النخاع **medulla** وهذا يمثل المنطقة الوسطى من الكلية.

٣- حوض الكلية **pelvis** وهو المنطقة الداخلية والتى يبدأ منها الحالب ويوجد فى كلية الإنسان حوالى مليون وحدة من الوحدات المسئولة عن تكوين البول تُعرف باسم النفرونات **nephrons** (المفرد: نفرون **nephron**) وشكل رقم (٣-٣٨) يوضح تركيب النفرون.

يتركب النفرون من محفظة بومان **Bowman's capsule** والتى يصلها أحد الأفرع الصغيرة من الشريان الكلوى، حيث تحيط المحفظة شبكة من الشعيرات الدموية



شكل (٣ - ٣٧) قطاع طولي في الكلية

Longitudinal section of kidney

شكل (٣ - ٣٨) تركيب النفرون

Structure of a nephron

تسمى الكبة أو الجمع glomerulus. ويُطلق على المحفظة والجمع معا كرية ملبيجى Malpighian corpuscle والتى تؤدى إلى الأنيبوبة الملتوية القريبة proximal convoluted tubule حيث تكون على اتصال بفرعى منحنى هنلى loop of Henle والموجود على شكل حرف U، ثم يؤدى المنحنى إلى الأنيبوبة الملتوية البعيدة distal convoluted tubule وتصب هذه الأنيبوبات فى أنيبوبات مجمعة collecting tubule حيث تتجمع فى حوض الكلية لجمع البول من الوحدات البولية ليصل إلى الحالب فى طريقه إلى المثانة البولية.

خطوات تكوين البول Steps of urine formation

يتم تكوين البول فى الوحدات البولية داخل الكلية فى ثلاث خطوات رئيسية هى:

١- الترشيح فى الجُمع Glomerular filtration

تبدأ عملية تكوين البول فى داخل محفظة بومان حيث يصل الدم إلى الشعيرات الدموية المكونة للجُمع ولذا يتم ترشيحه من خلال جدران هذه الشعيرات بواسطة ضغط الدم. والسائل المتكون فى تجويف محفظة بومان يشبه بلازما الدم فيما عدا أنه يكاد يكون خاليا من البروتينات. ونتيجة أن عملية الترشيح تتم تحت ضغط ultrafiltration فإن جميع الأيونات والجزيئات الموجودة فى البلازما تنتقل مع الراشح فيما عدا جزيئات البروتينات الكبيرة والتى لا تستطيع النفاذ من خلال جدر الشعيرات الدموية.

٢- إعادة الامتصاص بالأنيبوبات Tubular reabsorption

بعد عملية تكوين الراشح تحت ضغط ultrafiltrate، يندفع هذا الراشح إلى الأنيبوبة الملتوية القريبة وقد قُدّر حجم الراشح الذى يتكون فى الكليتين للإنسان بحوالى ١٨٠ لترا يومسيا، ومن هنا فإن خلايا الأنيبوبات البولية تقوم بعملية إعادة امتصاص لمعظم الأيونات والجزيئات وأيضا لجزء كبير من الماء. وقد ثبت أن معظم عمليات الامتصاص هذه تتم بواسطة النقل النشط من خلال أغشية خلايا الأنيبوبة الملتوية القريبة وذلك لكى تعود مرة أخرى إلى الدورة الدموية.

وعمليات إعادة الامتصاص فى الأنيبوبات البولية تختلف من مادة إلى أخرى، حيث توجد مواد مثل الجلوكوز والأحماض الأمينية يعاد امتصاصها بالكامل بينما توجد مواد أخرى لا يعاد امتصاصها كلية مثل البولينا وحامض البوليك هذا بالإضافة إلى

أن معظم الأملاح المعدنية يعاد امتصاصها بكميات متفاوتة. وهناك ما يعرف باسم الحد الأقصى للكمية التي يمكن إعادة امتصاصها من المادة **transport maximum** فالجلوكوز لو وجد في الدم في المستوى الطبيعي (٨٠-١٨٠ مجم/ ١٠٠سم^{3} دم) فإنه يعاد امتصاصه كاملا، أما إذا زاد عن المعدل فإن الوحدات البولية تقوم بإعادة امتصاص الحد الأقصى والزيادة من الجلوكوز لا يتم امتصاصها ولذا يظهر الجلوكوز في البول **glycosuria** وهذا ما يعرف باسم مرض السكرى **diabetes mellitus**.

٣- الإفراز الأنيبوبي Tubular secretion

هذه الخطوة في تكوين البول هي عكس الخطوة السابقة فالأنيبوبات البولية لها المقدرة على إفراز مواد معينة في صورة أيونات أو جزيئات مثل أيونات الهيدروجين والبوتاسيوم وبعض العقاقير التي قد يتناولها الإنسان ومواد أخرى عديدة ومعظم عمليات الإفراز تتم في الأنيبوبة الملتوية البعيدة.

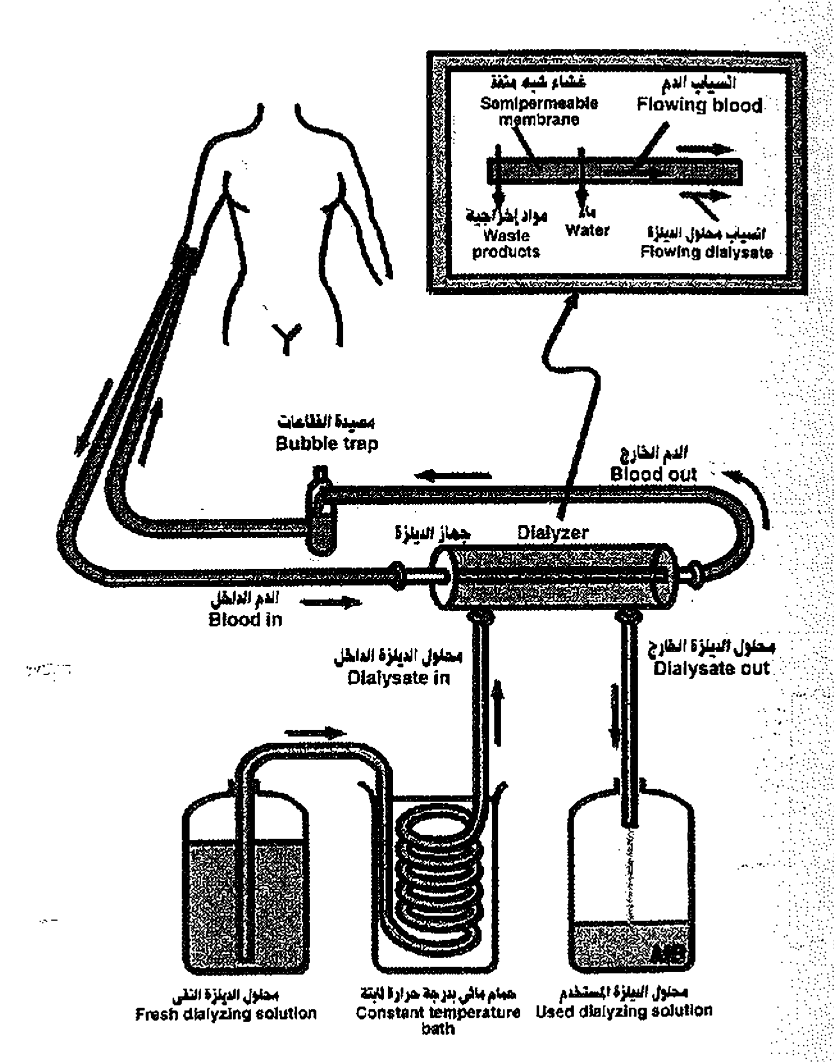
إخراج الماء Water excretion

من المعروف أن الكلية تلعب دورا هاما في تنظيم الضغط الأسموزى للدم **osmotic pressure of blood** وذلك عن طريق إعادة امتصاص الماء، ومن هنا تتحكم في كمية الماء الخارج في صورة بول. فحينما تكون كمية الماء التي تم تناولها كبيرة يزيد حجم البول وفي نفس الوقت يكون مخففا، أما عندما تكون كمية الماء التي تصل الجسم قليلة فهنا يقل حجم البول بدرجة كبيرة، وعلى ذلك فإن الكلية تؤدى دورا هاما في الحفاظ على كمية ثابتة من الماء في الدم. وهناك هرمون يُفرز من الفص الخلفي من الغدة النخامية **posterior pituitary gland** يُسمى الهرمون المضاد لإدرار البول **antidiuretic hormone** يتحكم في إعادة امتصاص الماء في الأنيبوبات البولية (راجع الفصل الخاص بالغدد الصماء).

الكلية الصناعية The artificial kidney (Kidney dialysis)

جهاز الكلية الصناعية يُستخدم لمرضى الفشل الكلوى وذلك لكي يقوم مقام الكليتين بغرض تخليص دم المريض من المواد الإخراجية النيتروجينية، وأيضا أي فضلات أخرى أو سموم موجودة في الدم. وتعتمد فكرة هذا الجهاز على وجود غشاء يسمح بمرور المواد الإخراجية ذات الأحجام الصغيرة الموجودة في الدم ولا يسمح بمرور المواد ذات الجزيئات أو الأحجام الكبيرة مثل بروتينات البلازما وخلايا الدم. وهذا الغشاء يفصل بين محلول خاص يسمى محلول الديلزة **dialyzing solution** يحتوى على

بعض الأيونات وبين الدم الذى يتم سحبه من شريان فى ذراع المريض بواسطة أنبوبة خاصة. وعلى ذلك أثناء مرور الدم فى الجهاز يتم انتقال جزيئات المواد الإخراجية من الدم إلى المحلول ومن أهم المواد التى يتم التخلص منها هى البولينا وحامض البوليك والكرياتينين وعديد من الفضلات الأخرى ثم يعود الدم إلى مرشح خاص لتخليصه من أى فقاعات هوائية أو جلطات دموية، وذلك قبل إعادته إلى جسم المريض (شكل ٣-٣٩).



شكل (٣ـ ٣٩) *الكلية الصناعية*

Artificial kidney

المثانة البولية Urinary bladder

المثانة البولية عبارة عن كيس عضلي يعمل كمخزن للبول بعد تكوينه وقبل طرده خارج الجسم وهي موجودة في داخل الحوض، ويتركب جدارها من أربع طبقات هي: ١) الطبقة المخاطية **mucosa**، ٢) الطبقة تحت المخاطية **Submucosa**، ٣) الطبقة العضلية **muscularis**، ٤) الطبقة المصلية **Serosa**.

عند امتلاء المثانة بالبول يتم تحفيز مستقبلات التمدد **Stretch receptors** الموجودة في جدار المثانة حيث تنقل هذه الإشارات إلى الجزء السفلي من الحبل الشوكي حيث يبدأ الشعور في الرغبة في التبول. ويتم خروج البول من المثانة بعملية تسمى التبول **Urination**، وذلك عن طريق تحفيز جدار المثانة بواسطة إشارات عصبية إرادية وغير إرادية **Voluntry and involuntary impulses**..

مجرى البول Urethra

مجرى البول عبارة عن قناة تصل المثانة البولية بخارج الجسم ويتركب جدار هذا المجرى من ثلاث طبقات هي: ١) الطبقة المخاطية للداخل وطبقة في الوسط رقيقة وغنية بالشعيرات الدموية والطبقة العضلية للخارج. ومجرى البول في الذكر هو الجزء النهائي للجهاز البولي وأيضًا للجهاز التناسلي (شكل ٣-٣٦). أما في الأنثى فوظيفة مجرى البول إخراجية فقط.

الفصل الثالث عشر

التحكم العصبي والهرموني

Nervous and Hormonal Coordination

يقوم كل من الجهاز العصبي **nervous system** والغدد الصماء **endocrine glands** بالتحكم في وظائف الجسم المختلفة، فالوظيفة الأساسية للجهاز العصبي هي استقبال المعلومات من أعضاء الحس المختلفة يتبعه إرسال إشارات كيميائية كهربية **electrochemical signals** إلى أعضاء الجسم المختلفة، ومن هنا يتحكم الجهاز العصبي في الأنشطة وردود الأفعال السريعة، مثل انقباض العضلات. أما الغدد الصماء فغالبا ما تتحكم في الوظائف الأيضية **metabolic functions** ويتم ذلك عن طريق تصنيع وإفراز مواد كيميائية تسمى الهرمونات **hormones** والتي تنطلق إلى الدم حيث تصل إلى العضو المستهدف **target organ**. وفي جميع الفقاريات نجد أن الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصماء يكملان بعضهما ويعملان معا لتنظيم وظائف الأعضاء المختلفة والتحكم في علاقة الحيوان بالبيئة المحيطة. وهنا تجدر الإشارة إلى أن منطقة تحت المهاد **hypothalamus** في الدماغ تعتبر حلقة الوصل الرئيسية بين الجهاز العصبي والغدد الصماء.

أولا: التحكم العصبي Nervous coordination

الجهاز العصبي وأعضاء الحس The nervous system and sense organs

من الناحية التشريحية يتكون الجهاز العصبي من الأعصاب **nerves** والعقد العصبية **ganglia** وكذلك كتلة النسيج التي تنشأ منها الأعصاب والعقد العصبية وهذه تشمل الدماغ **brain** والحبل الشوكي **spinal cord** (شكل ٣-٤٠) أما من الناحية الفسيولوجية فإن الجهاز العصبي هو ذلك الجهاز الذي يستقبل المعلومات من الأعضاء الحسية المختلفة ثم يقوم بترجمة هذه المعلومات إلى شفرة خاصة بواسطة الجهاز العصبي المركزي حيث يقوم الأخير بتحويلها إلى ردود فعل مناسبة.

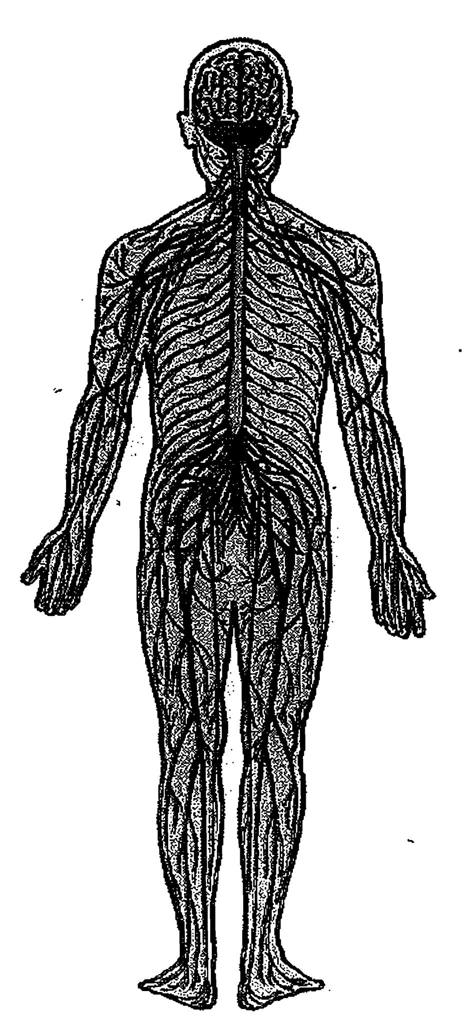
وينقسم الجهاز العصبي إلى:

١- الجهاز العصبي المركزي **central nervous system** ويتكون من الدماغ **brain** وهو محاط بعظام الجمجمة والحبل الشوكي **spinal cord** الذي يوجد داخل العمود الفقاري.

٢- الجهاز العصبى الطرفى peripheral nervous system ويتكون من الأعصاب المخية cranial nerves (وعددها فى الإنسان ١٢ زوجا) والأعصاب الشوكية (وعددها فى الإنسان ٣١ زوجا) ويقوم الجهاز العصبى الطرفى بنقل الإشارات العصبية nerve impulses من مستقبلات الحس المختلفة إلى الجهاز العصبى المركزى ومن الأخير إلى الأعضاء المنفذة effectors كالعضلات والغدد ويمكن تقسيم الجهاز العصبى الطرفى إلى جزئين:

(أ) جزء وارد afferent division وهذا يشمل الأعصاب التى تنقل المعلومات من المستقبلات الحسية إلى الجهاز العصبى المركزى.

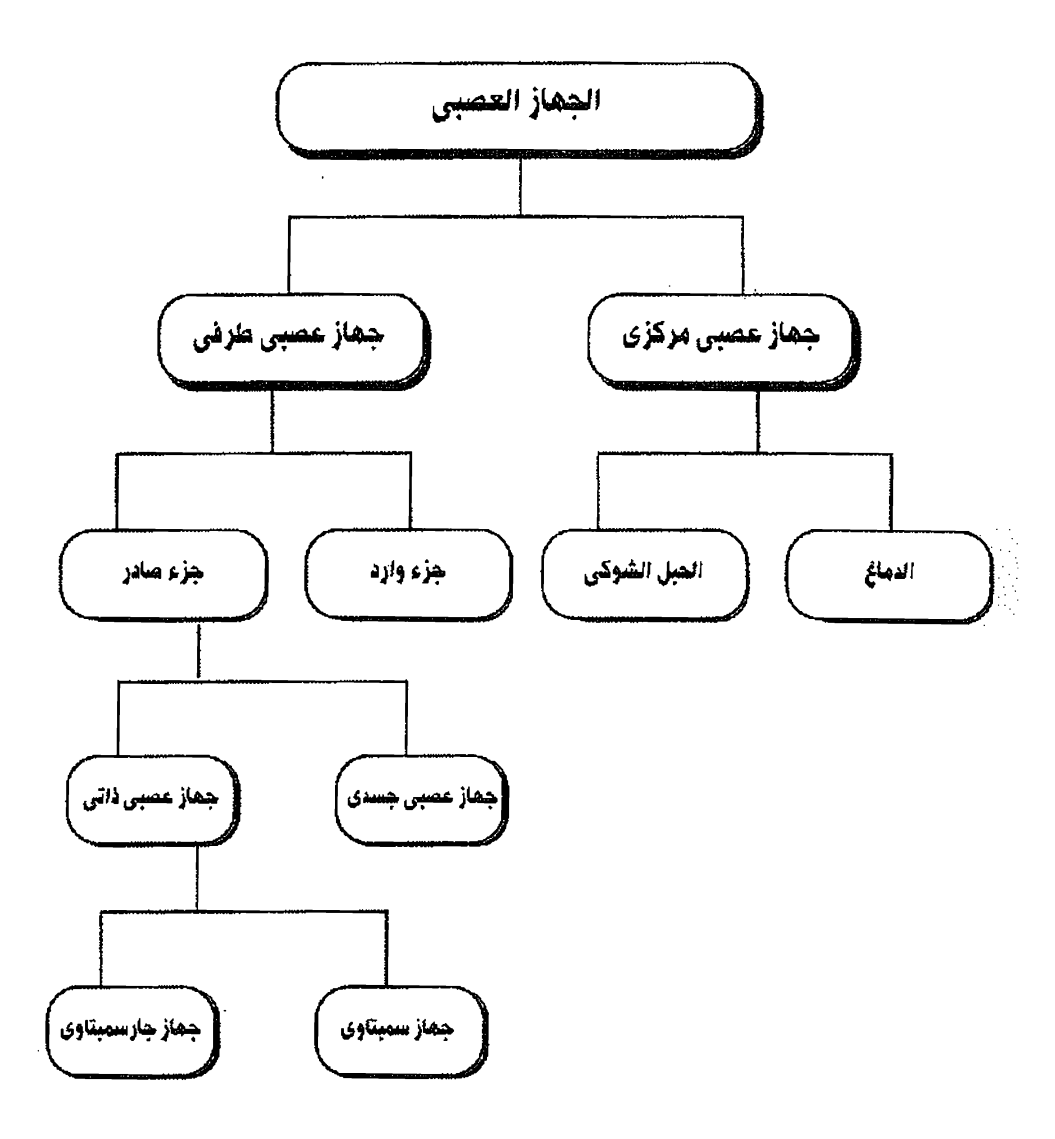
(ب) جزء صادر efferent division وهذا ينقسم بدوره إلى جهاز عصبى جسدى somatic nervous system والذى يتكون من أعصاب حركية motor nerves تُمد عصبيا العضلات الهيكلية، وجهاز عصبى ذاتى autonomic nervous system وهو عبارة عن الأعصاب التى من خلالها تستقبل الأوعية الدموية والقلب والغدد.. إلخ إمداداتها العصبية، ويشمل الجهاز العصبى الذاتى جهازين هما:



شكل (٣ ـ ٤٠) الجهاز العصبى
The nervous system

- جهاز عصبى سمبتاوى sympathetic nervous system
- جهاز عصبى جارسمبتاوى parasympathetic nervous system

ويمكن تلخيص تقسيم الجهاز العصبى كما يلى:



الخلية العصبية Nerve cell or neuron

الخلية العصبية هي وحدة تركيب الجهاز العصبى وتتميز الخلايا العصبية بمقدرتها على نقل وتوصيل الإشارات العصبية إلى أجزاء الجسم المختلفة كما أن لها قدرة على تصنيع المواد الناقلة للإشارات العصبية **neurotransmitters** مثل الأستيل كولين **acetylcholine** والنورادرينالين **noradrenaline** والدوبامين **dopamine** والسيروتونين **serotonin**. والخلايا العصبية لها أيضا دور فى تصنيع الدهون **lipids**

والمواد الكربوهيدراتية **carbohydrates** والبروتينات **proteins** كما أن جميع الخلايا العصبية لها معدل أيضى مرتفع **high metabolic rate** وتحتاج دائما إلى إمداد مستمر من الأكسجين والجلوكوز والمواد الغذائية الأخرى.

تتكون الخلية العصبية من جسم الخلية **cell body (soma)** وتفرعات سيتوبلازمية تخرج من جسم الخلية تسمى زوائد الخلية، وهذه تنقسم بدورها إلى الزوائد الشجرية **dendrites** التى تنقل الإشارات العصبية إلى جسم الخلية والمحور **axon**، وهو ينقل الإشارة العصبية بعيدا عن جسم الخلية إلى خلايا عصبية أخرى أو إلى العضلات والغدد. ويكسو المحور غلاف يتكون من عدة طبقات من مادة بروتينية دهنية **lipoprotein** تسمى الغلاف الميلينى تكونه خلايا خاصة تسمى خلايا شوڤان **Schwann cells** ويعزل الغلاف الميلينى المحور عن باقى المحاور المجاورة. والمحاور المحاطة بالغلاف الميلينى تنقل الإشارات العصبية أسرع من غير المحاطة بغلاف ميلينى. ولا يحيط الغلاف المحور على مدى طوله بل ينقطع على مسافات منتظمة وتسمى هذه النقاط غير المغلفة بعقد رانڤييه **nodes of Ranvier**، حيث يكون المحور على اتصال مباشر بالسائل خارج الخلايا **extracellular fluid**. وينتهى المحور بتفرعات صغيرة تسمى التفرعات النهائية **terminal arborization** وفى نهاية كل فرع يوجد انتفاخ **knob** يحتوى على حويصلات **vesicles** تُخزن فيها مواد ناقلة للإشارات العصبية **transmitter substances**.

ويحاط جسم الخلية العصبية بغشاء خلوى **cell membrane** ويوجد بداخله النواة **nucleus** والتى تحتوى على نوية **nucleolus**. كما توجد أيضا داخل جسم الخلية عضيات حية مثل الميتوكوندريا **mitochondria** وجهاز جولچى **Golgi apparatus**، وشبكة إندوبلازمية **endoplasmic reticulum** وريبوسومات **ribosomes**، كما توجد خيوط دقيقة تسمى الليفات العصبية **neurofibrils**. ويحتوى سيتوبلازم الخلية العصبية على حبيبات دقيقة تسمى حبيبات نسل **Nissl granules** التى تعتبر صفة مميزة لهذه الخلايا دون غيرها وتتكون هذه الحبيبات من شبكة إندوبلازمية محببة ولا تحتوى الخلية العصبية على الجسم المركزى **centrosome**؛ ولذلك فهى لا تملك القدرة على الانقسام (شكل ٣-٤١).

أنواع الخلايا العصبية

وكما أشرنا سابقا عند دراسة الأنسجة العصبية فإنه يمكن تصنيف الخلايا العصبية من حيث التركيب وعدد الزوائد السيتوبلازمية التى تخرج من جسم الخلية إلى ثلاثة أنواع:

١- خلايا عصبية وحيدة القطب Unipolar neurons

هذا النوع من الخلايا العصبية يحتوى على زائدة بروتوبلازمية واحدة تخرج من جسم الخلية، ثم تتفرع إلى فرعين أحدهما يعمل كزائدة شجرية **dendrite** والآخر يعمل كمحور **axon**. ومثل هذا النوع من الخلايا العصبية يوجد في العقد العصبية المرتبطة بالجذور الظهرية للأعصاب الشوكية.

٢- خلايا عصبية ثنائية القطب Bipolar neurons

يحتوى هذا النوع من الخلايا على زائدتين تخرج كل واحدة عند طرف من طرفى الخلية، تعمل إحداهما كزائدة شجرية والأخرى تعمل كمحور. ومثل هذا النوع من الخلايا يوجد فى شبكية العين **eye retina**.

٣- خلايا عصبية عديدة الأقطاب Multipolar neurons

وتحتوى هذه الخلايا على زوائد شجرية عديدة **several dendrites** ومحور واحد **one axon**، وهذا النوع من الخلايا العصبية يوجد فى الجهاز العصبى المركزى (الدماغ والحبل الشوكى) وفى القرن البطني للحبل الشوكى **ventral horn of the spinal cord**.

وأيضا يمكن تصنيف الخلايا العصبية على أساس وظيفتها إلى ثلاثة أنواع:

١ - خلايا عصبية حسية (واردة) **Sensory (afferent) neuron**

هذا النوع من الخلايا ينقل الإشارات العصبية من المستقبلات **receptors** (فى أعضاء الحس أو فى الأعضاء الداخلية) إلى الجهاز العصبى المركزى وهذه الخلايا أحادية القطب حيث يخرج من جسم الخلية زائدة تنقسم إلى فرعين، فرع يمتد إلى المستقبلات وينقل منها الإشارة العصبية وفرع يعمل كمحور يوصل الإشارة العصبية لخلية عصبية أخرى داخل الجهاز العصبى المركزى.

٢ - خلايا عصبية حركية (صادرة) **Motor (efferent) neuron**

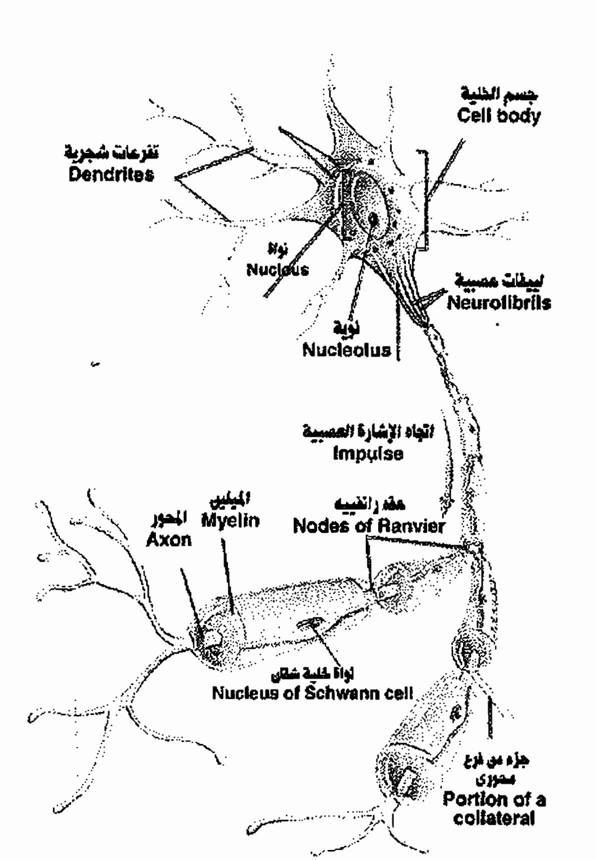
وهذه الخلايا تنقل الإشارات العصبية من الجهاز العصبى المركزى إلى عضو الاستجابة **effector organ** مثل العضلات والغدد. وهذه الخلايا متعددة الأقطاب حيث لها عدة زوائد شجرية ومحور واحد.

٣- خلايا عصبية موصلة (بينية) Association neuron (interneuron)

هذا النوع من الخلايا العصبية يوجد داخل الجهاز العصبى المركزى وهى خلايا متعددة الأقطاب حيث تنقل الإشارات العصبية من خلية عصبية إلى أخرى.

الإشارة العصبية The nerve impulse

الإشارة العصبية هى عبارة عن تغيرات كيميائية وكهربية تحدث فى غشاء الخلية العصبية وتنتقل هذه التغيرات على امتداد محور الخلية إلى النهايات العصبية nerve terminals.



شكل (٣-٤١) الخلية العصبية عديدة الأقطاب
Multipolar neuron

ومن المعروف أن غشاء الخلية يفصل بين السائل خارج الخلايا extracellular fluid والسائل داخل الخلايا intracellular fluid اللذين يختلفان عن بعضهما فى تركيز الأيونات الموجودة بكل منهما، فالسائل خارج الخلايا يحتوى على تركيزات عالية من أيونات الصوديوم Na^+ والكلوريد Cl^-. بينما السائل داخل الخلايا يحتوى على تركيزات عالية من أيونات البوتاسيوم K^+ والأيونات العضوية كبيرة الحجم مثل البروتينات.

وعلى ذلك ففى حالة الراحة resting state (أى حالة عدم توصيل إشارة عصبية) توجد على السطح الخارجى للغشاء الخلوى تركيزات عالية من الشحنات الموجبة، بينما على السطح الداخلى للغشاء توجد تركيزات عالية من الشحنات السالبة. والسبب فى ذلك هو اختلاف نفاذية غشاء الخلية للأيونات؛ فغشاء الخلية فى حالة

الراحة يسمح بمرور أيونات البوتاسيوم (التى توجد بتركيزات عالية داخل الخلية) من الداخل إلى الخارج مسببا تراكم الشحنات الموجبة خارج غشاء الخلية، أما الأيونات سالبة الشحنة مثل البروتينات والتى لا تستطيع المرور عبر الغشاء تسبب تراكم الشحنات السالبة بالداخل وهذا يجعل الغشاء الخلوى فى حالة استقطاب **polarization**، أى يكون الغشاء موجب الشحنة فى الخارج وسالب الشحنة فى الداخل.

أما عند مرور إشارة عصبية فيحدث تغير سريع فى نفاذية الغشاء الخلوى ويُصبح منفذا **permeable** لأيونات الصوديوم (التى توجد بتركيزات عالية فى السائل خارج الخلايا)، فتمر أيونات الصوديوم الموجبة الشحنة من الخارج إلى الداخل مسببة تراكم الشحنات الموجبة على الناحية الداخلية للغشاء الخلوى وظهور ما يسمى بحالة إزالة الاستقطاب **depolarization**. وعلى ذلك يصبح الغشاء موجب الشحنة فى الداخل وسالب الشحنة فى الخارج. هذا التغير المؤقت الذى يحدث فى نفاذية الغشاء يسبب ما يعرف بجهد الفعل **action potential** الذى ينتقل عبر المحور من جزء إلى الجزء الذى يليه مسببا نقل الإشارة العصبية. وبعد إزالة الاستقطاب يعود غشاء الخلية إلى حالته السابقة بعملية تسمى إعادة الاستقطاب **repolarization**، والمقصود بها عودة جهد الغشاء الخلوى إلى حالة الراحة **resting state** حيث يحدث نقص مفاجئ فى نفاذية غشاء الخلية لأيونات الصوديوم مما يؤدى إلى منع دخول أيونات الصوديوم لداخل الخلية، وأيضا يحدث خروج سريع لأيونات البوتاسيوم الموجبة الشحنة وذلك للوصول إلى جهد الراحة **resting potential**.

رسم الدماغ الكهربى **Electroencephalogram (EEG)**

يمكن تسجيل التغيرات الكهربية التى تحدث فى الخلايا العصبية فى الدماغ من خلال جهاز يسمى جهاز رسم الدماغ الكهربى **electroencephalograph**. حيث يتم وضع أقطاب **electrodes** على أجزاء مختلفة من الرأس، ثم توصيل هذه الأقطاب بجهاز رسم الدماغ لتسجيل النشاط الكهربى لأجزاء قشرة الدماغ من خلال قياس جهد الفعل فى عدد كبير من الخلايا العصبية. ويظهر رسم الدماغ الكهربى على شكل موجات تسمى موجات الدماغ **brain waves** (شكل ٣-٤٢). ويمكن تقسيم هذه الموجات تبعا لشدتها **amplitude** ومعدل حدوثها **frequency** إلى عدة أنواع:

- موجات ألفا **Alpha waves**

وهذه الموجات يمكن ملاحظتها فى الشخص العادى المتيقظ الذى يكون فى حالة استرخاء ومُغلق العينين. وتردد هذه الموجات يكون بين ٨-١٣ موجة لكل ثانية **frequency between 8-13 cycle/sec**.

- موجات بيتا **Beta waves**

هذه الموجـات تُظهـر ترددا بين ١٤-٢٥ موجـة/ ثانيـة **frequency between 14-25 cycle/sec** ونادرا ما يصل ترددها إلى ٥٠ مـوجة/ ثانية. وتظهـر في الشخص المتيقظ وفي حالة إجهاد ذهني **during intense mental activity**.

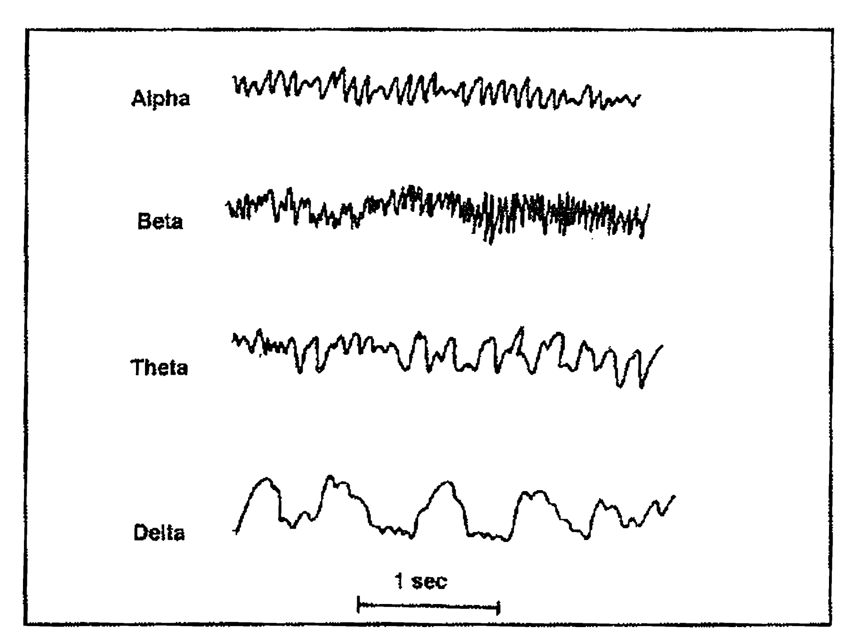
- موجات ثيتا **Theta waves**

وتظهر هذه الموجـات عادة في الأطفـال وأيضا يمكن ملاحظـتها في الأشـخاص البـالغين الـذين يعـانون من بعض الخـلل في الدمـاغ **brain disorder**. وتردد هذه الموجات يكون بين ٤ - ٧ موجة/ ثانية **frequency between 4 - 7 cycle/ sec**.

- موجات دلتا **Delta waves**

تظهر هذه الموجات أثناء النوم العمـيق وكذلك في الأطفال الرضع (دون السنتين) وأيضا في المرضى ذوى الإعاقة الشديدة في الدماغ **severe brain disorders**.

وعن طريق تسجـيل موجات الدماغ يمكن تشـخيص الحالات المرضيـة مثل أورام الدماغ وحالات الصرع وذلك بمقارنتها برسم الدماغ في الحالة العادية.



شكل (٣ ـ ٤٢) موجات الدماغ
Brain waves

التشابكات (المشابك) العصبية The synapses

التشابك العصبى هو الموضع الذى تقترب فيه نهايات تفرعات محور خلية عصبية من التفرعات الشجرية **dendrites** لخلية عصبية أخرى، ولا يوجد اتصال سيتوبلازمى بين هذه النهايات والتفرعات الشجرية، ولكن توجد مسافة صغيرة جدا تقدر بحوالى ٢٠ مللى ميكرون.

ويتكون أى تشابك عصبى من غشاء ما قبل التشابك **presynaptic membrane**، وغشاء ما بعد التشابك **postsynaptic membrane** والمسافة التى بينهما تسمى شق التشابك **synaptic cleft**.

وقد يكون التشابك العصبى بين خليتين عصبيتين أو بين خلية عصبية وليفة عضلية أو قد يكون التشابك العصبى بين خلية عصبية وخلية غدية.

أنواع التشابكات العصبية Types of synapses

يوجد نوعان من التشابكات العصبية:

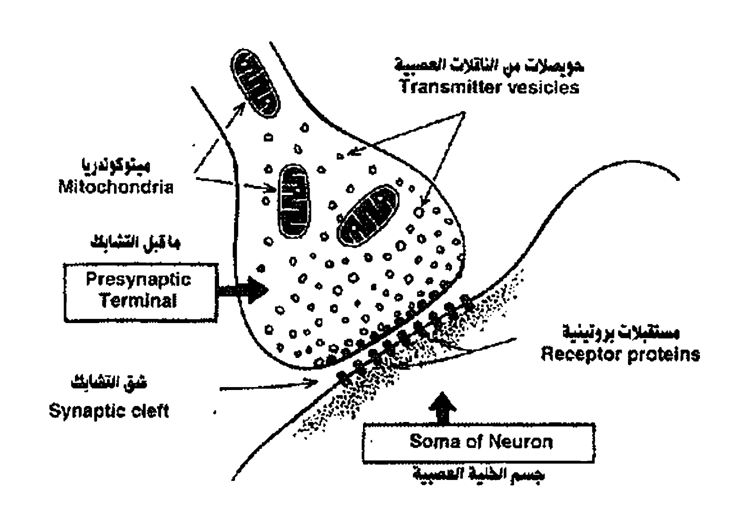
(أ) التشابكات العصبية الكهربية Electrical synapses

ويوجد هذا النوع من التشابكات العصبية بصورة شائعة فى اللافقاريات، كما يوجد أيضا فى الجهاز العصبى للفقاريات ولكن بصورة غير شائعة. والتشابكات العصبية الكهربية هى النقاط التى يمر عندها التيار الأيونى مباشرة عبر فجوات الاتصال الكهربى **gap junctions** وذلك من خلية إلى أخرى. وتوجد هذه الفجوات بين خلايا الغراء العصبى **neuroglial cells** وكذلك بين الألياف العضلية فى القلب والألياف العضلية الملساء فى جدار المعدة.

(ب) التشابكات العصبية الكيميائية Chemical synapses

وهذه التشابكات أكثر تعقيدا من التشابكات الكهربية حيث تحتوى على حويصلات من مواد كيميائية خاصة تسمى بالناقلات العصبية **neurotransmitters**. والخلايا العصبية التى تحمل الإشارة العصبية جهة التشابكات تسمى الخلايا العصبية قبل التشابكية **presynaptic neurons**، أما الخلايا التى تحمل الإشارة العصبية بعيدا عن هذه التشابكات فتسمى الخلايا العصبية بعد التشابكية **postsynaptic neurons**. وفى هذه التشابكات ينفصل غشاء ما قبل التشابك عن غشاء ما بعد التشابك بواسطة شق التشابك **synaptic cleft** (والذى يقدر بحوالى ٢٠ - ٣٠ مللى ميكرون) (شكل ٣-٤٣).

وفى معظم الخــلايا العصبــية يتفــرع المحور عند نهــايته إلى عدة أفــرع، كل فرع يقتــرب من التفرعــات الشجرية أو من جــسم الخلية **cell body** للخلية العصــبية التى تليها، وعادة ما تتــصل الخلية العصبية بالعديد من خلايا عــصبية أخرى عن طريق آلاف من التشابكات العصبــية. والإشارة العصبية تأتى من محور الخلية العصــبية ثم تنتشر فى أفرع ونهايات عصبيــة كثيرة وعلى ذلك تُغطى الخلية العصبية بإشارات عصــبية كثيرة فى آن واحد.



شكل (٣ ـ ٤٣) *التشابك العصبى الكيميائى*
Chemical synapse

آلية نقل الإشارات العصبية فى تشابكات الجهاز العصبى المركزى

The mechanism of transmitting impulses in synapses of the CNS

تنتقل الإشــارات العصبيــة فى تشابكات الجهــاز العصبى المركزى من خــلال عدة آليات بعضــها يسبب حالة تحفــيز لغشاء ما بعــد التشابك **postsynaptic excitation** وبعضها يسبب حالة تثبيط لغشاء ما بعد التشابك **postsynaptic inhibition** والبعض الآخر قد يؤدى إلى حالة تثبيط لغشاء ما قبل التشابك **presynaptic inhibition**.

١ - حالة التحفيز أو الحث بعد التشابك **Postsynaptic excitation**

عند وصول الإشـارة العصبيـة إلى النهايات العصبيـة **nerve terminals** والذى يؤدى إلى دخـول أيونـات الكالسيـوم إلى هذه النـهـايات يتـحـرر الناقـل العـصـبى **neurotransmitter substance** من حويصلات الـتخزين **synaptic vesicles**، ثم يُفرز إلى شق التشابك **synaptic cleft**، و حيث إن شق التشابك ضيق جدا ففى خلال ١/ ١٠٠٠ من الثانية ينتشر الناقل العصبى ليصل لغشاء ما بعد التشابك **postsynaptic membrane** ويرتبط بالمسـتقبـلات الخاصة بـه على هذا الغشاء. ويؤدى ارتـبـاط الناقل العصبى بالمستـقبلات الخاصة به على غشـاء ما بعد التشابك إلى تغيـر نفاذية هذا الغشاء لأيونات الصوديوم والبوتاسيوم، الأمر الذى يؤدى إلى دخول أيونات الصوديوم إلى خلية ما بعـد التشابك مسـببا إزالة اسـتقطاب موضعـية لغشـاء خلية ما بعد التـشابك **local depolarization** مقـربا جهـد الغشـاء إلى ما يسـمى تحفـيز جـهد مـا بعد التـشابك **excitatory postsynaptic potential**. وبمجرد وصـول هذا الجهد إلى قـيمة مـعينة تسير موجة من التحفيز أو الحث فى الخلية التى سرعان ما تنتشر لتمتد بطول المحور.

ولقـد وجد أن الـناقل العصـبى فى مـعظم التـشابـكات المحفـزة **excitatory synapses** هو عبارة عن الأستيل كولين **acetylcholine**، كذلك يعتبر النورادرينالين **noradrenaline** والدوبامين **dopamine** والسيـروتونين **serotonin** نواقل عـصبـية محفزة، حيث وجد أن مستويات هذه النواقل يزيد فى الدماغ والحبل الشوكى أثناء حالة الحث **excitation** (شكل ٣-٤٤ B).

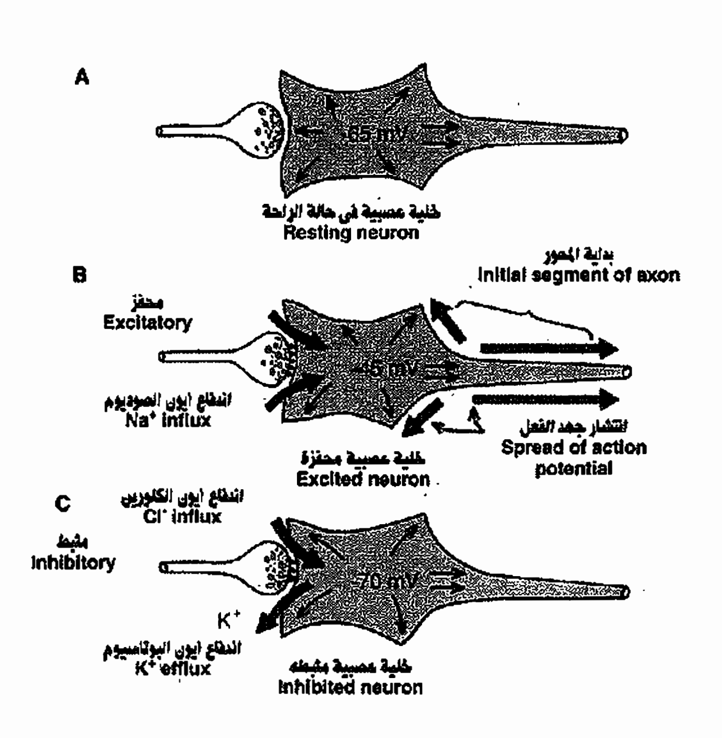
٢ - حالة تثبيط ما بعد التشابك **Postsynaptic inhibition**

وهنا يكون الناقل العـصبى من النوع المثـبط **inhibitory transmitter**، مثل الجليسين **glycine** أو حامض الجـاما أمينوبيـوتيرات **gamma aminobutyric acid, GABA**. فعند ارتباط الناقل بالمستقبلات الخاصة به يحدث تغير فى نفاذية غشاء ما بعد التشابك مؤديا إلى تراكم شحنة موجبة خارج الغشاء، وهذا ما يسمى بزيادة الاستقطاب **hyperpolarization** (أى أن الناحية الداخلية للغشاء تصبح سالبة أكثر مما كانت عليه وقت الراحـة) وهنا تكون الاسـتـجابة هى حـالة تثبـيط **inhibition** (شكل ٣-٤٤ C) حـيث يتـغيـر الجـهد إلى مـا يسمى تثـبيـط جهـد مـا بعد الـتشـابك **inhibitory postsynaptic potential** وهذا قد يكون ناتجا إما عن:

(أ) زيادة نفـاذية غشـاء ما بعـد التشـابك لأيونات الكلورين Cl^- والتى يكون تركيـزها أعلى خارج الغـشاء عن تركـيزها داخل الغشـاء فتنتـشر هذه الأيونات سـالبة

الشحنة داخل الخلية وتجعل داخل الخلية أكثر سالبية الأمر الذى يؤدى إلى زيادة الاستقطاب **hyperpolarization**.

(ب) زيادة نفاذية غشاء ما بعد التشابك لأيونات البوتاسيوم، والتى يكون تركيزها داخل الخلية أعلى من خارج الخلية، فيؤدى ذلك إلى انتشار أى خروج أيونات البوتاسيوم من داخل الخلية إلى خارجها. وهذا يضيف شحنة موجبة خارج الخلية فيصبح خارج الخلية ذو شحنة موجبة أعلى، الأمر الذى ينتج عنه حالة زيادة الاستقطاب **hyperpolarization**. ومن المعروف أن الخلايا العصبية التى تُفرز نهاياتها نواقل عصبية تسبب حالة تثبيط تسمى خلايا عصبية مثبطة **inhibitory neurons**.



شكل (٣-٤٤) *آلية نقل الإشارات العصبية*

The mechanism of nerve impulse transmission

A : حالة الراحة — **Resting state**

B : حالة التحفيز بعد التشابك — **Postsynaptic excitation**

C : حالة التثبيط بعد التشابك — **Postsynaptic inhibition**

٣- حالة تثبيط ما قبل التشابك Presynaptic inhibition

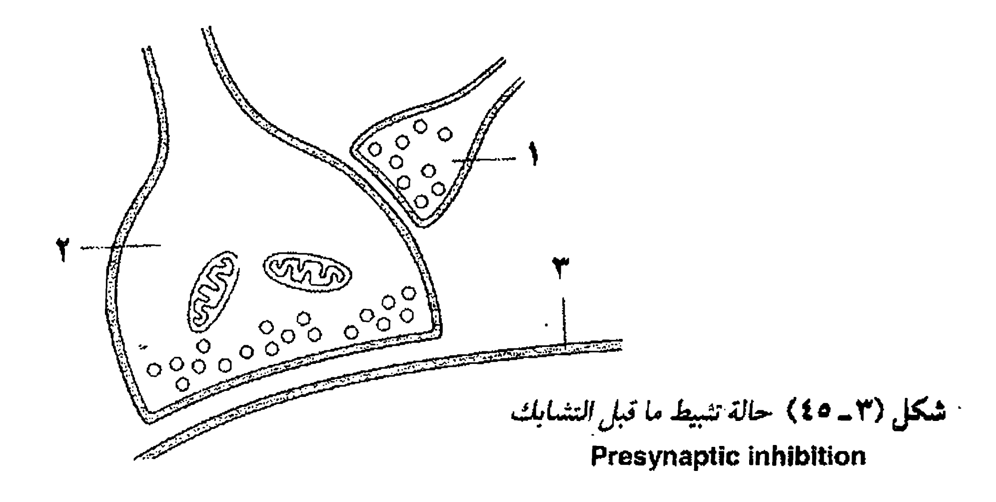
يحدث هذا النوع من التثبيط عند تكوين تشابك بين محور خلية مع محور خلية أخرى؛ ولذا يطلق على هذا النوع تشابك محور-محورى **axon-axonic synapse** (شكل ٣- ٤٥). حيث تكون الخلية العصبية رقم (١) خلية مثبطة والتى يتشابك محورها مع غشاء ما قبل التشابك (محور الخلية رقم ٢)، والذى يتشابك بدوره مع غشاء ما بعد التشابك (الخلية رقم ٣) وينطلق من محور الخلية رقم (١) مادة ناقلة مثبطة **inhibitory transmitter** مثل حامض الجاما أمينوبيوتيرات، وهذه المادة المثبطة تؤدى إلى فتح قنوات لأيونات الكلورين فى غشاء ما قبل التشابك للخلية رقم (٢) ومن هنا تندفع أيونات الكلورين من الخارج إلى داخل الخلية، فيقل جهد الفعل **action potential** فى النهايات العصبية للخلية رقم (٢) ومعنى ذلك حدوث تثبيط أو إعاقة للإشارة العصبية المنقولة من هذه الخلية إلى الخلية رقم (٣) وهذه الحالة يُطلق عليها تثبيط ما قبل التشابك.

القوس العصبى المنعكس The reflex arc

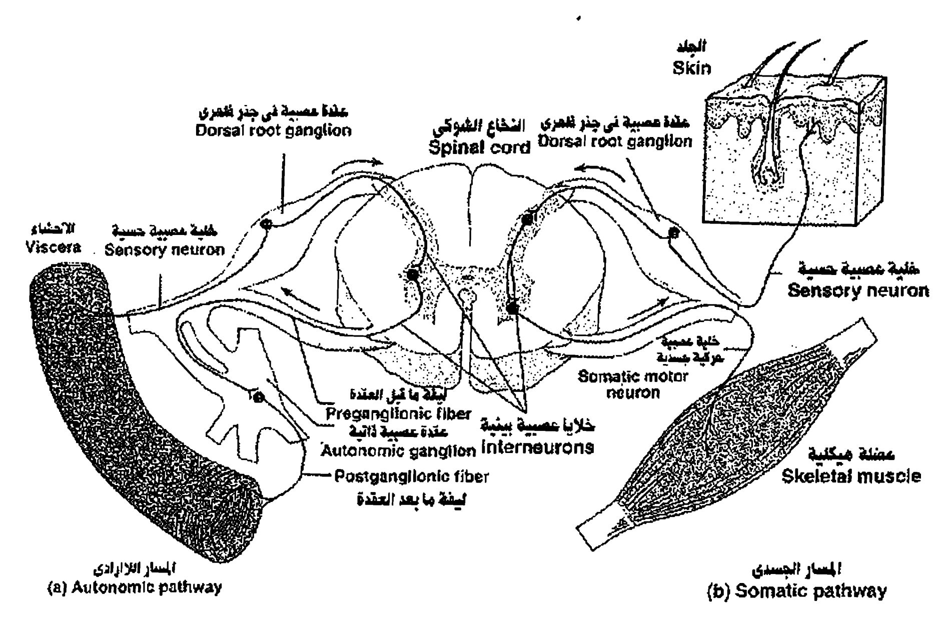
من المعروف أن معظم الخلايا العصبية تعمل فى مجموعات حيث تتضافر هذه الخلايا لأداء ما يعرف باسم الفعل الانعكاسى **reflex act** ويشتمل القوس العصبى المنعكس على خليتين عصبيتين على الأقل هما الخلية العصبية الواردة **afferent neuron**، والخلية العصبية الصادرة **efferent neuron**. ولكن فى معظم الأحيان يتكون القوس العصبى من: (١) عضو الإحساس **sense organ** أو المستقبل **receptor**، (٢) خلية عصبية حسية أو واردة **sensory neuron (afferent)**، (٣) خلية عصبية موصلة **connector neuron**، (٤) خلية عصبية حركية أو صادرة **motor neuron (efferent)**، (٥) العضو المستجيب أو المنفذ **effector** وهو العضو الذى سوف يستجيب للتغيرات التى تحدث فى البيئة. ومن أمثلة الأعضاء المنفذة العضلات والغدد ويسمى القوس العصبى الجسدى **somatic reflex arc** عندما تظهر الاستجابة فى عضلة إرادية، بينما يسمى القوس العصبى اللاإرادى **autonomic reflex arc** عندما تكون الاستجابة فى العضلات اللاإرادية أو عضلة القلب أو الغدد (شكل ٣-٤٦).

الجهاز العصبى المركزى: Central nervous system

يتكون الجهاز العصبى المركزى من الدماغ **brain** والحبل الشوكى **spinal cord**، ويوجد الدماغ داخل الجمجمة، بينما يوجد الحبل الشوكى داخل القناة الفقارية. ويحيط كل من الدماغ والحبل الشوكى الأغشية السحائية **meninges** التى تتكون من ثلاث طبقات هى: الأم الجافية **dura mater** والغشاء العنكبوتى **arachnoid** والأم الحنون **pia mater**. وتوجد بين الغشاء العنكبوتى والأم الحنون مسافة تسمى التحت عنكبوتية



شكل (٣ـ٤٥) حالة تثبيط ما قبل التشابك
Presynaptic inhibition



شكل (٣ـ٤٦) القوس العصبى المنعكس
The reflex arc

هذه المسافة مملوءة بالسائل المخى الشوكى **cerebrospinal** **subarachnoid space** **fluid**. وهذا السائل بديل لليمف الذى يوجد حول خلايا أجهزة الجسم الأخرى. ومن المعروف أن كثيرا من المواد الموجودة فى بلازما الدم لا تصل بسهولة إلى الدماغ لوجود ما يعرف باسم حاجز الدم الدماغى **blood-brain barrier**. ويشتمل الحبل الشوكى على المادة السنجابية **grey matter** والموجودة فى الداخل على شكل جناح فراشة والتى تحتوى على أجسام الخلايا العصبية. والمادة البيضاء **white matter** فى الخارج والتى تحتوى على حزم الألياف العصبية **nerve fibers** ويتصل بالحبل الشوكى فى الإنسان ٣١ زوجا من الأعصاب الشوكية. وكل عصب يتكون من جذرين، جذر ظهرى **dorsal root** يحوى ألياف الخلايا الواردة (الحسية) وجذر بطنى **ventral root** والذى يحوى ألياف الخلايا الصادرة (الحركية) (شكل ٣ ـ ٤٧).

والدماغ على نقيض الحبل الشوكى تكون فيه المادة السنجابية للخارج مكونة قشرة الدماغ **brain cortex** والمادة البيضاء للداخل. والنسبة بين وزن الدماغ والحبل الشوكى فى الحيوان تعطى دلالة على مقدار الذكاء عند الحيوان. ففى الأسماك تكون هذه النسبة ١:١ بينما نجد أن هذه النسبة فى الإنسان تصل إلى ٥٥:١ أى أن وزن الدماغ فى الإنسان يساوى تقريبا ٥٥ ضعفا من وزن الحبل الشوكى. ويتكون الدماغ فى الحيوانات الفقارية من عدة أجزاء هى:

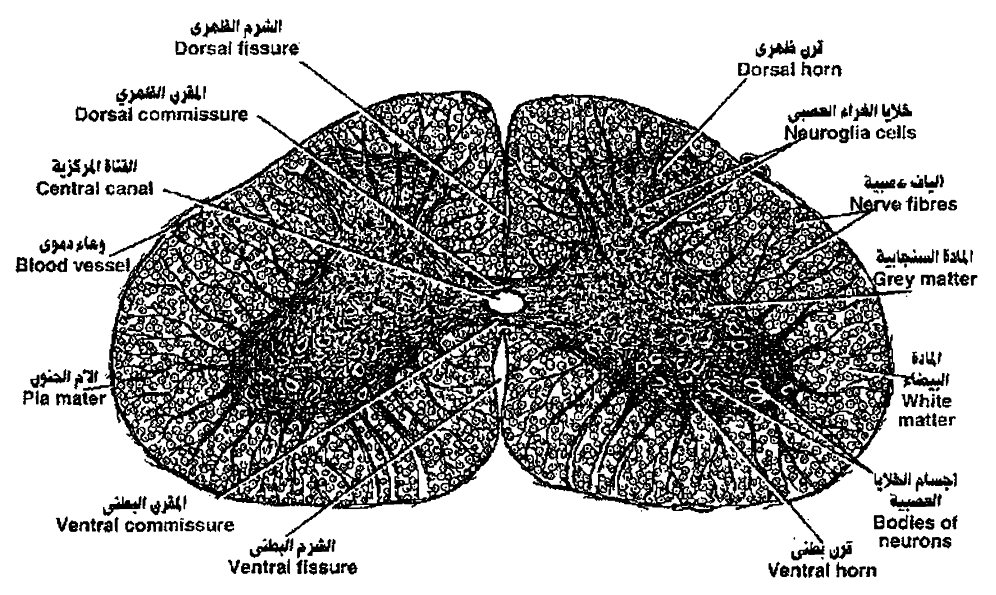
(١) الدماغ الأمامى **forebrain** والذى يشتمل على قشرة الدماغ **brain cortex** والمهاد **thalamus** وتحت المهاد **hypothalamus**.

(٢) الدماغ المتوسط **midbrain**.

(٣) الدماغ الخلفى **hindbrain** والذى يشتمل على المخيخ **cerebellum** وقنطرة الدماغ **pons** والنخاع **medulla**. ويتصل بالدماغ فى الإنسان ١٢ زوجا من الأعصاب المخية **cranial nerves** (شكل ٣-٤٨).

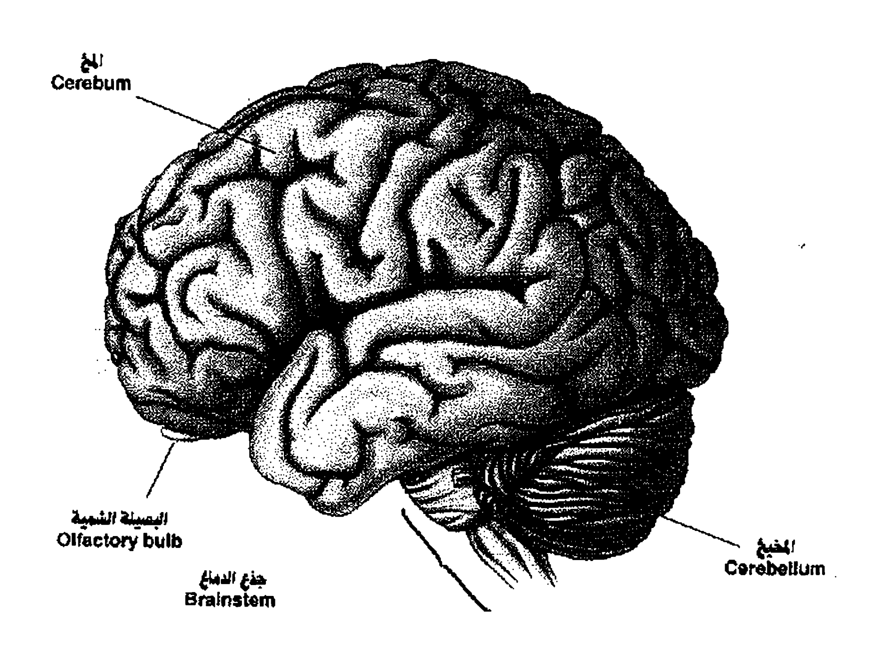
الجهاز العصبى الطرفى Peripheral nervous system

يقصد بالجهاز العصبى الطرفى الأعصاب المتصلة بكل من الدماغ والحبل الشوكى. ويمكن تقسيم هذه الأعصاب طبقا للوظيفة إلى أعصاب واردة أو حسية **afferent or sensory nerves** وهى التى تحمل المعلومات أو الإشارات من المستقبلات الحسية **sensory receptors** الموجودة فى أطراف الجسم المختلفة إلى الجهاز العصبى المركزى (الدماغ والحبل الشوكى)، وأعصاب صادرة أو محركة **efferent or motor nerves**. والأعصاب المحركة تنقسم بدورها إلى نوعين هما:



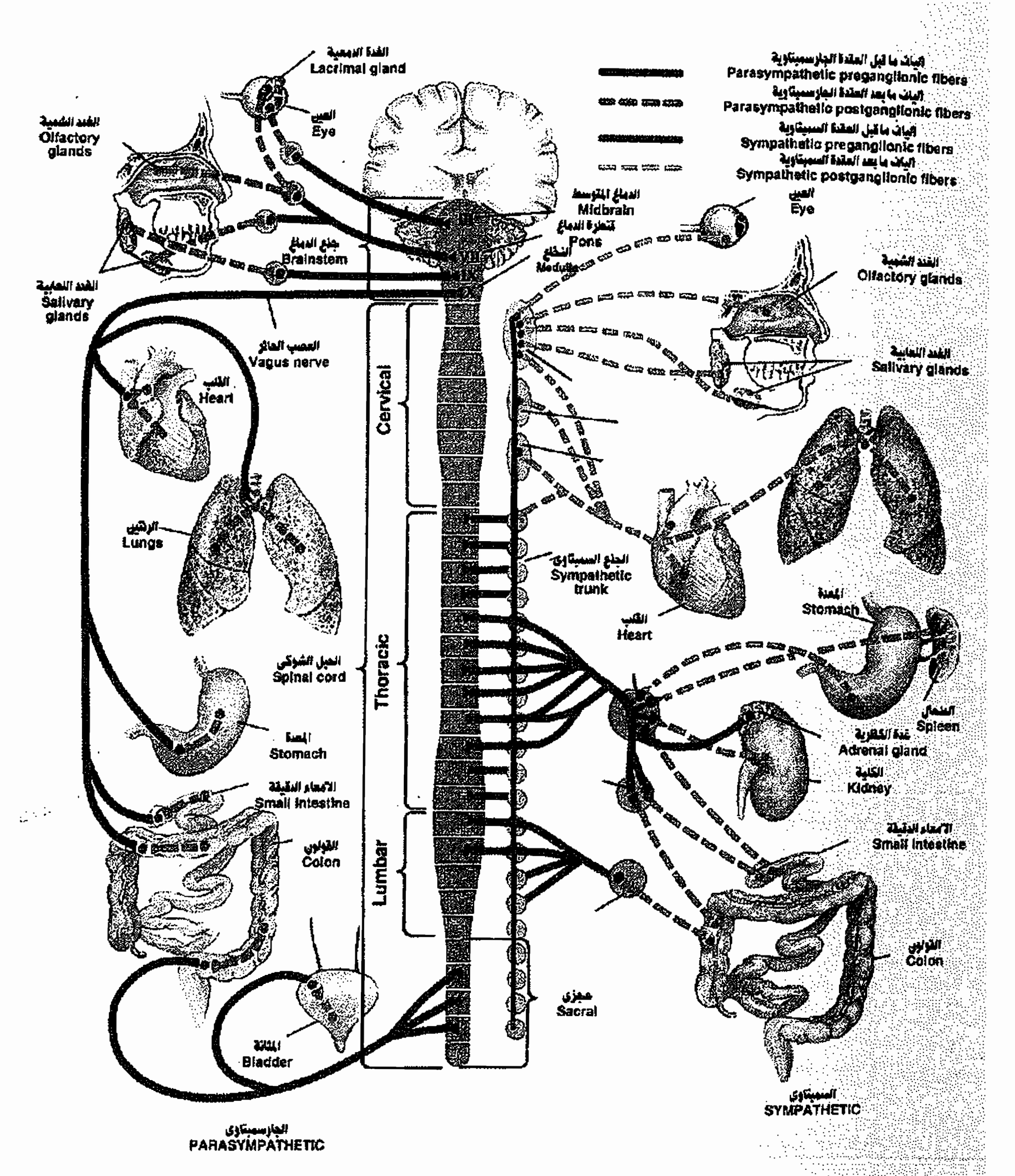
شكل (٣ ـ ٤٧) قطاع عرضى من الحبل الشوكى

T. S. of the spinal cord



شكل (٣ ـ ٤٨) أجزاء الدماغ

Brain regions



شكل (٣ ـ ٤٩) الجهاز العصبى الذاتى

The autonomic nervous system

(١) الأعصاب الجسدية **somatic nerves** والتى تُكَوِّن ما يعرف باسم الجهاز العصبى الجسدى **somatic nervous system** والذى تتجه أليافه العصبية إلى العضلات الهيكلية. ومن هنا تعرف أيضا هذه الأعصاب باسم الأعصاب الإرادية **voluntary nerves**.

(٢) الأعصاب الذاتية **autonomic nerves** والتى تُكون ما يعرف باسم الجهاز العصبى الذاتى **autonomic nervous system**، وتُعرف أيضا أعصاب هذا الجهاز بالأعصاب اللاإرادية أو الحشوية **involuntary or visceral**، حيث تمتد هذه الأعصاب إلى كل أحشاء الجسم مثل العضلات اللاإرادية وعضلة القلب والغدد.

الجهاز العصبى الذاتى Autonomic nervous system

تتحكم أعصاب الجهاز العصبى الذاتى فى جميع الوظائف اللاإرادية حيث يرتبط عملها بوظائف الأحشاء الداخلية ومن هنا يطلق عليه كما ذكرنا سابقا الجهاز العصبى الحشوى أو اللاإرادى، فأعصاب هذا الجهاز تنظم انقباض العضلات الملساء فى القناة الهضمية وفى الأوعية الدموية وفى المثانة وفى قزحية العين، وأيضا هذه الأعصاب لها علاقة بتنظيم انقباض عضلة القلب وكذلك إفرازات العديد من غدد الجسم.

وينقسم الجهاز العصبى الذاتى إلى جهازين، وذلك طبقا لنشأة الأعصاب من الجهاز العصبى المركزى، وأيضا طبقا للوظيفة، والجهازان هما الجهاز العصبى السمبتاوى **sympathetic nervous system**، والجهاز العصبى الجارسمبتاوى **parasympathetic nervous system** وتنشأ أعصاب الجهاز العصبى السمبتاوى من المنطقتين الصدرية والقطنية من الحبل الشوكى؛ ولذا يطلق عليه أيضا اسم الجزء الصدرى القطنى **thoracolumbar part**. بينما أعصاب الجهاز العصبى الجارسمبتاوى تنشأ من جذع الدماغ والمنطقة العجزية من الحبل الشوكى؛ ولذا يسمى الجزء المخى العجزى **craniosacral part**.

ومن الشكل رقم (٣-٤٩) يتضح أن معظم أعضاء الجسم الداخلية تصلها ألياف عصبية من كلا الجهازين السمبتاوى والجارسمبتاوى، وغالبا ما يكون تأثير أحد هذين الجهازين معاكسا لتأثير الآخر، فمثلا زيادة نشاط العصب السمبتاوى المتجه إلى القلب تعمل على زيادة سرعة نبض القلب وقوة انقباضه، بينما تحفيز العصب الجارسمبتاوى

الذى يتصل بالقلب يسبب بطئا فى سـرعة النبض. ويوضح الجدول التالى (٣-٥) تأثير كل من الجهازين السمبتاوى والجارسمبتاوى على بعض أعضاء الجسم.

جدول (٣-٥) بعض تأثيرات الجهاز العصبى الذاتى

Some effects of the autonomic nervous system

العضو المستجيب Effector	تأثير الجهاز السمبتاوى Effect of sympathetic system	تأثير الجهاز الجارسمبتاوى Effect of parasympathetic system
العينان Eyes	يعمل على اتساع حدقة العين	يعمل على تضييق حدقة العين
القلب Heart	يعمل على زيادة معدل النبض وقوة الانقباض	يعمل على تقليل معدل النبض وقوة الانقباض
الشريان التاجى Coronary artery	يسبب ضيق الشريان	يسبب اتساع الشريان
الرئتين (عضلات الشعب الهوائية) Lungs (bronchial muscles)	يعمل على ارتخائها relaxation	يعمل على تقلصها (انقباضها) contraction
المعدة Stomach	يسبب تقليل حركة المعدة وتثبيط إفرازاتها	يسبب زيادة حركة المعدة وتحفيز إفرازاتها
الحويصلة المرارية Gallbladder	يعمل على ارتخائها relaxation	يعمل على تقلصها (انقباضها) contraction
المثانة البولية Urinary bladder	يعمل على ارتخائها relaxation	يعمل على تقلصها (انقباضها) contraction
الغدد العرقية Sweat glands	يسبب زيادة الإفراز	يسبب زيادة الإفراز
الغدد الدمعية Lacrimal glands	ليس له تأثير	يسبب زيادة الإفراز
الغدد اللعابية Salivary glands	يسبب زيادة الإفراز	يسبب زيادة الإفراز

أعضاء الحس Sense organs

أعضاء الحس هى تراكيب خـاصة تمد الجهاز العصبى المركـزى بأى تغيرات تحدث فى البيـئة؛ ولذا فـهى تعرف أيضا باسم المسـتقـبلات الحسـية **sensory receptors**. والمستقبل عادة يتأثر بنوع مـعين من الطاقة وله المقدرة على تحويل هذه الطاقة إلى إشارة عصبية تنتقل إلى الجهاز العصبى المركزى والذى بدوره يستجيب لهذه الإشارة.

وتوجد عدة طرق لتصنيف المستقبلات فمثلا يمكن تصنيفها طبقا لموقعها فى الجسم إلى نوعين:

١- مستقـبلات داخلية **interoceptors** موجودة داخل الجـسم وتتأثر بالمؤثرات الداخليـة، ومنها مـا هو موجـود بالأحـشاء ولذا تعـرف باسم المسـتقـبلات الحشـوية **visceroceptors**، ويوجد أيضا منها فى العضلات والمفاصل والأوتار والأربطة وتعرف باسم المستقبلات الذاتية **proprioceptors**، حيث تتأثر بأى تغيرات توترية.

٢- مسـتقبـلات خارجـية **exteroceptors** وهذه المسـتقبلات تـتأثر بالمؤثرات الخارجية كـالصوت والضوء والحرارة والبرودة، وعادة تسمـى أعضاء الحس وهى تشمل العينين **eyes** والأذنين **ears** والأنف **nose** واللسان **tongue** والجلد **skin**.

ويمكن تقسيم المستقبلات طبقا لنوع الطاقة التى تتأثر بها إلى:

١- مستقبلات كيميائية **chemoreceptors** وهذا النوع من المستقبلات يتأثر بمادة كيميائية ومن أمثلتها مستقبلات التذوق **taste receptors** على اللسان ومستقبلات الشم **olfactory receptors** الموجودة فى النسيج الطلائى الشمى **olfactory epithelium** المبطن للأنف.

٢- مسـتقـبلات ميكانـيكية **mechanoreceptors** والتى تتـأثر ميكانيكيـا مثل مسـتقـبلات السـمع **hearing receptors** ومسـتقـبلات الاتزان **equilibrium receptors** وجميعها موجـودة فى الأذن، أيضا مستقبلات اللمس **touch receptors** والضغط الموجودة فى الجلد.

٣- مستقـبلات الحرارة **thermoreceptors** وهى التى تتأثر بالتغـير فى درجة الحرارة سواء بالارتفاع أو الانخفاض. وتوجد فى الجلد أيضا.

٤- مستقبلات الضوء **photoreceptors** ويتأثر هذا النوع بالضوء ولذا نجده فى شبكية العين **retina**، ومستقبلات الضوء فى العين نوعان هما العصى **rods** والمخاريط

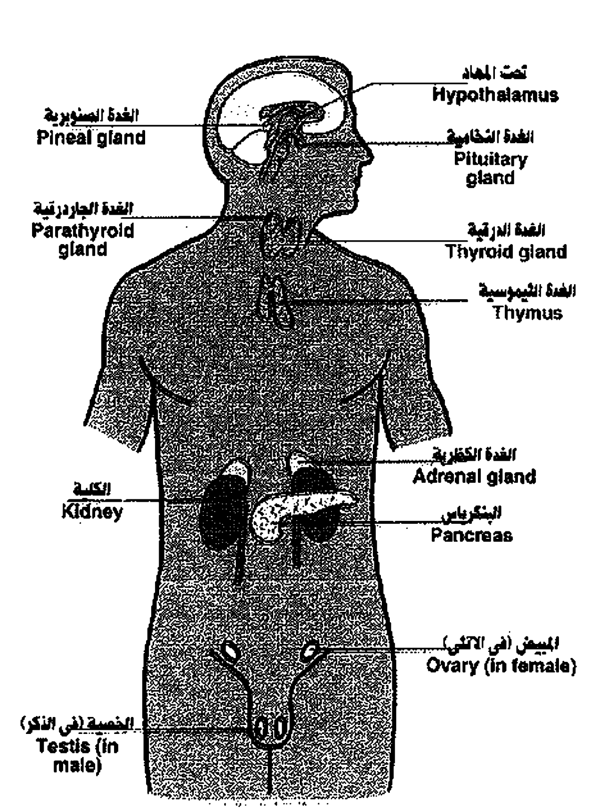
cones. فالعصى تتأثر بالضوء الخافت بينما تتأثر المخاريط بضوء النهار وهى المسئولة عن تمييز الألوان. فالحيوانات التى لا تستطيع تمييز الألوان تكون شبكية العين عندها تحتوى على عصى فقط بدون مخاريط.

ثانيا التحكم الهرمونى Hormonal coordination

الغدد الصماء Endocrine glands

جهاز الغدد الصماء هو الجزء الثانى من الأجهزة التى تتحكم فى وظائف الجسم وهى غدد لا قنوية **ductless** تُفرز مواد كيميائية تسمى هرمونات **hormones** تتجه إلى الدم مباشرة، ومن هنا تسمى الغدد ذات الإفراز الداخلى، ولابد من إنتاج هذه الهرمونات بالكميات المطلوبة لكى تؤدى وظائفها على أحسن وجه. أما إذا زاد إفراز الهرمون عن حاجة الجسم أو نقص فهذا سوف يؤدى إلى اختلال فى الوظيفة مما قد يسبب أعراضا مرضية تختلف من هرمون إلى آخر.

والغدد الصماء فى الفقاريات (شكل ٣-٥٠) هى:



شكل (٣-٥٠) *الغدد الصماء*

The endocrine glands

١- الغدة النخامية **pituitary gland**

٢- تحت المهاد **hypothalamus**

٣- الغدة الصنوبرية **pineal gland**

٤- الغدة الدرقية **thyroid gland**

٥- الغدد الجاردرقية **parathyroid glands**

٦- غدة الكظر (فوق الكلوية) adrenal (suprarenal)

٧- المناسل gonads (المبيض ovary فى الأنثى والخصية testis فى الذكر)

٨- المشيمة (خلال فترة الحمل) placenta (in pregnancy)

٩- البنكرياس pancreas (ويعتبر غدة صماء حيث يقوم بإفراز ثلاث هرمونات وأيضا يعتبر غدة قنوية لأنه يقوم بإفراز العصارة البنكرياسية)

١٠- مخاطية المعدة والأمعاء gastrointestinal mucosa

١١- الكليتان two kidneys

الهرمونات Hormones

يمكن تعريف الهرمون بأنه مادة كيميائية يتم إنتاجها وتخزينها داخل خلايا غدة لا قنوية، وينطلق هذا الهرمون إلى الدم بمجرد وصول إشارة فسيولوچية physiological signal، والتى قد تنتج من تغير تركيز بعض محتويات الدم (مثل الكالسيوم أو الجلوكوز) أو من وصول إشارة عصبية neural signal. وعن طريق مجرى الدم ينتقل الهرمون إلى العضو المستهدف.

ويمكن تقسيم الهرمونات طبقا لتركيبها الكيميائى إلى ثلاث مجموعات:

١- هرمونات ببتيدية أو بروتينية التركيب peptide or protein hormones

٢- هرمونات ستيرودية steroid hormones

٣- هرمونات مشتقة من الأحماض الأمينية amino acid-related hormones

وقبل التحدث عن هرمونات الغدد الصماء المختلفة تجدر الإشارة إلى أن هناك هرمونين يفرزان من مناطق عديدة فى الجسم وهما البروستاجلاندين prostaglandin واللبتين leptin.

(أ) البروستاجلاندين Prostaglandin

البروستاجلاندينات prostaglandins تُفرز بكميات قليلة من معظم أنسجة الجسم وتُعتبر من الهرمونات التى تؤثر فى مكان إفرازها local hormones، ولو أن بعضها يمكن أن ينطلق من مكان الإفراز إلى الدورة الدموية، وهى عبارة عن ليبيدات تكونت من الأحماض الدهنية. والبروستاجلاندينات لها وظائف عديدة منها التحكم فى إفراز بعض الهرمونات الأخرى، كما أن لها علاقة بعملية تجلط الدم blood clotting

وأيضـا بعض الوظائف المرتبـطة بالتكاثر **reproductive function**. ومن تأثيـراتهـا العديدة في الجسم أيضا دورها في استجابة الأنسجة للإصابات **tissue injuries**. ومن المعـروف أن تأثير العـقاقـير المضـادة للالتهـابات **anti-inflammatory drugs** مثل الأسبرين **aspirin** يكون من خلال مقدرتها على تثبيط تصنيع البروستاجلاندينات.

(ب) اللبتين Leptin

اللبتين هرمـون يفرز في الدم بواسطة خلايا الأنسجـة الدهنية ويُفتـرض حاليا أن هرمون اللبتين له علاقة بالسمنة أو البدانة **obesity**، حيث يؤثر على مستقبلات خاصة في الدماغ لها علاقة بالشهية، وأيضا من خلال تأثيره على أيض المواد الدهنية في جسم الكائن، ومن ثم فهو يقوم بتنظيم وزن الجسم من خلال تنظيم وزن الأنسجة الدهنية.

الغدة النخامية Pituitary gland (Hypophysis)

الغدة النخامـية هي غدة صغيـرة لا يتعدى وزنها نصف جـرام في الإنسان البالغ وتقع بين سقف الفم وقاع الدماغ. وتُقَسّم الغدة النخامية إلى جزءين (شكل ٣ ـ ٥١):

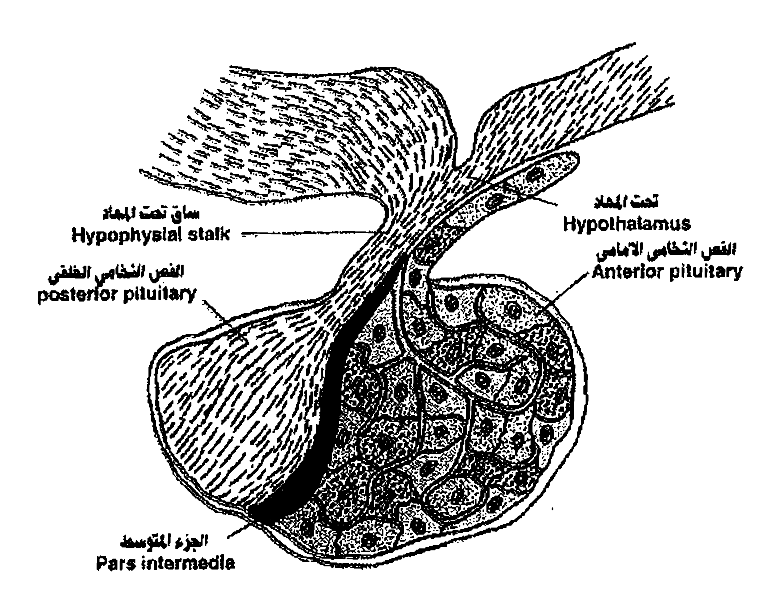
(١) الجزء النخـامي الغدي **adenohypophysis**، وهذا يشمل الـفص الأمامي **anterior lobe** والفص الأوسط **intermediate lobe**.

(٢) الجـزء النخـامـي العـصـبي **neurohypophysis** ويشـمل الفص الخلفي **posterior lobe** والذي يتـصل بمنطقة تحت المهـاد **hypothalamus** بالدمـاغ، حيث توجد أجسام خلايا عصبية في منطقة تحت المهاد ونهاية أليافها العصبية في الفص الخلفي للغدة. ومن الثابت أن هرمونات هذا الفص الخلفي تفرزها الخـلايا العصبية الموجودة في منطقة تحت المهاد، وتصل هذه الهرمونات إلى الفص الخلفي من خـلال الألياف العصبية حيث يتم تخزينها وعند الحاجة إليها تنطلق هذه الهرمونات من الفص الخلفي إلى الدم.

هرمونات الجزء النخامي الغدي

Hormones of the adenohypophysis

يُنتج الفص الأمامي من هذا الجـزء ستة هرمـونات جميعـها بروتينية التـركيب، وخمـسة من هذه الهـرمونات تنظم عـمل غدد صمـاء أخرى في الجسـم؛ ولذا تسمى هرمونات منشطة **tropic hormones**، ولهذا السبب يطلق على الغدة النخـامية الغدة القائد **leader gland**. وهرمونات هذا الجزء هي:



شكل (٣-٥١) الغدة النخامية
The pituitary gland

١ - الهرمون المحفز للغدة الدرقية

Thyroid-stimulating hormone (TSH)

يعمل هذا الهرمون على تنظيم إنتاج هرمونى الغدة الدرقية **thyroid gland** الثيروكسين **thyroxine** وثلاثى أيودو الثيرونين **triiodothyronine**. ويتأثر إفراز الهرمون المحفز للغدة الدرقية بمستوى هرمونات الغدة الدرقية فى الدم وأيضا بمادة تفرز من منطقة تحت المهاد وتسمى العامل المحرر للهرمون الحافز للغدة الدرقية **thyroid-stimulating hormone-releasing factor**.

٢- الهرمون المحفز لقشرة الغدة الكظرية

Adrenocorticotropic hormone (ACTH)

ينظم هذا الهرمون نشاط قشرة الغدة الكظرية ويتحكم فى إفراز هذا الهرمون مستوى هرمونات قشرة الغدة الكظرية فى الدم وهرمون يفرز من تحت المهاد يسمى الهرمون المحرر للهرمون المنظم لقشرة الغدة الكظرية **adrenocorticotropic hormone-releasing factor**.

٣- الهرمونات المنظمة لعمل المناسل Gonadotropic hormones

تعمل هذه الهرمونات على تنظيم المناسل (المبيضين ovaries والخصيتين testes) وهى عبارة عن ثلاثة هرمونات:

أ - الهرمون المحفز للحويصلات

Follicle-stimulating hormone (FSH)

يلعب هذا الهرمـون دورا هاما فى نمو الأعضاء التناسلية، وفـى نضج البويضات فى المبيض والحيوانات المنوية فى الخصية.

ب- الهرمون المحفز لتكوين الجسم الأصفر

Luteinizing hormone (LH)

يساعد هذا الـهرمون على انطلاق البويضـات الناضجة من حويصلة جـراف كما يساعد فى تحفيز الخلايا البينية **interstitial cells** فى الخصية لتكوين الهرمون الذكرى تستوستيرون **testosterone**.

وينظم إفراز كلا الهرمونين المحفزين للحويصلات **FSH** ولتكوين الجسم الأصفر **LH** هرمون يفـرز من تحت المهاد يسـمى الهرمون المحـرر للهرمونات المنظمـة للمناسل **gonadotropin-releasing factor**.

جـ- هرمون البرولاكتين Prolactin

يُحفز هذا الهـرمون نمو الغدد الثديية ويساعـد على إفراز اللبن من الثديين. وفى بعض الثدييات يساعد هذا الهرمـون فى انطلاق هرمون البروچستيرون **progesterone** من الجسم الأصفر **corpus luteum**.

وينظم إفراز هرمون البرولاكتين هرمونان يفرزا من تحت المهاد حيث يزيد أحدهما من إفـراز البـرولاكـتين ويسـمى الهـرمـون المحـفـز لإطلاق البـرولاكـتين **prolactin-releasing hormone (PRH)**، والآخـر يقلل مـن إفـراز البـرولاكـتين ويسـمى الهـرمـون المثـبط لإطلاق البـرولاكـتين **prolactin-inhibiting hormone (PIH)**.

٤- هرمون النمو Growth hormone (GH)

ينظم هذا الهرمـون نمو عضلات الجسم وأيضا العظام؛ ولذلك فـهو يلعب دورا هاما فى بناء الجسم. ومن هنا يزيد إفراز هذا الهـرمون فى مرحلة الطفولة، وعلى ذلك فنقص إفراز هذا الهرمـون أثناء نمو الطفل يسبب تأخر نمو العظام والعـضلات، وتعرف هذه الحـالة بالقزامـة **dwarfism**. وعكس ذلك زيادة إفـراز هذا الهرمون عـن المعدل الطبيـعى فى مرحلة الطـفولة يؤدى إلى العـملقة **gigantism**. أما زيادة إفـراز هرمون

النمو عند الكبار فيسبب تضخم اليدين والقدمين ويعرف ذلك بالأكرومجلى **acromegaly**. ويتحكم فى إفراز هذا الهرمون هرمونان يفرزان من منطقة تحت المهاد حيث يزيد أحدهما من إفراز هرمون النمو والآخر يقلل من إفرازه.

وتجدر الإشارة إلى أن الفص الأوسط للغدة النخامية **intermediate lobe** فى الحيوانات الفقارية الأقل تطورا (الأسماك والبرمائيات والزواحف) ينتج هرمونا يسمى الهرمون المحفز لحاملات الصبغ الأسود **melanophore-stimulating hormone**، وهو المتحكم فى انتشار الصبغ الأسود الميلانين **melanin** داخل الخلايا الصبغية؛ ولذا فهذه الحيوانات لها المقدرة على محاكاة لون الوسط المحيط.

- هرمونات الجزء النخامى العصبى

Hormones of the neurohypophysis

كما أشارنا سابقا فإن هرمونات هذا الجزء من الغدة النخامية مصدرها خلايا عصبية موجودة فى منطقة تحت المهاد وتصل هذه الهرمونات إلى الفص الخلفى من الغدة النخامية من خلال الألياف العصبية. ومن الثابت وجود هرمونين يفرزهما تحت المهاد ويخزنان فى الجزء النخامى العصبى وهذان الهرمونان هما:

١- الهرمون المضاد لإدرار البول Antidiuretic hormone

يسبب هذا الهرمون زيادة مقدرة الكلية على إعادة امتصاص الماء، وذلك من خلال تأثيره على نفاذية أغشية خلايا الأنيبوبات الملتفة البعيدة وفرعى هنلى فى الوحدات البولية داخل الكلية (راجع عملية تكوين البول فى الفصل الثانى عشر). ولذا عند نقص كمية الماء فى الدم تتأثر منطقة تحت المهاد فى الدماغ وهذا يسبب زيادة إفراز هذا الهرمون، والذى يحمله الدم إلى الكليتين فيزيد معدل امتصاص الماء وهنا يقل حجم البول. وعلى العكس من ذلك فعند زيادة حجم الماء الذى يتناوله الفرد تزيد تبعا لذلك كمية الماء فى الدم وينتج عن ذلك نقص كمية الهرمون مما يؤدى إلى نقص إعادة امتصاص الماء فى الكلية وهنا تكون النتيجة إدرار كمية كبيرة من البول. ومن الملاحظ أن زيادة هذا الهرمون عن المعدل فى الدم تعمل على انقباض العضلات الملساء للشرايين مما يسبب ارتفاع ضغط الدم، ومن هنا يطلق عليه أيضا اسم الهرمون الضاغط للأوعية (ڤازوبرسين) **vasopressin**.

٢- هرمون الأوكسى توسين Oxytocin

من الثابت الآن أن هذا الهرمون يلعب دورا هاما فى انطلاق اللبن من ثدى الأم أثناء عملية الرضاعة **lactation** هذا بالإضافة لدوره فى تسهيل عملية الولادة حيث يسبب تقلص عضلات الرحم، ومن هنا يتم حقن هذا الهرمون فى حالات الولادة المتعسرة.

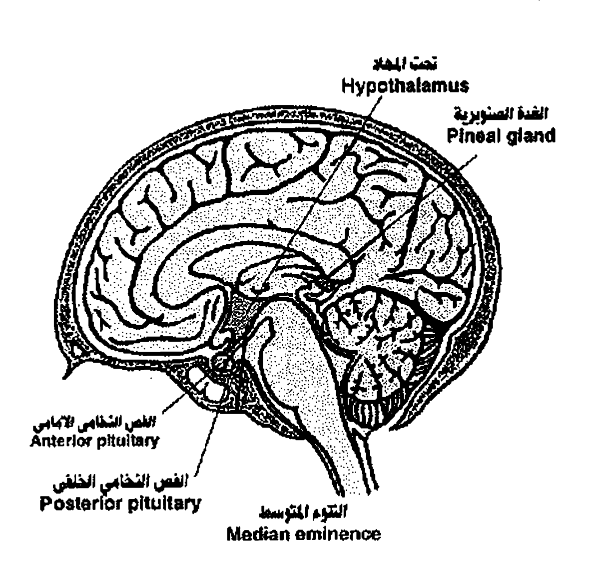
هرمونات منطقة تحت المهاد Hormones of the hypothalamus

. الجدول التـالي (٣-٦) يوضح الهرمـونات الخاصة بمنطقـة تحت المهاد والأنسـجة المستهدفة بهذه الهرمونات ووظائفها.

جدول (٣-٦) هرمونات منطقة تحت المهاد
Hypothalamic hormones

الهرمون Hormone	التركيب Structure	النسيج المستهدف Target tissue	الوظيفة Response
الهرمون المحرر لإطلاق هرمون النمو Growth hormone - releasing hormone	مركب بيتيدى صغير small peptide	خلايا الجزء النخامى الغدى المسئولة عن إفراز هرمون النمو.	يسبب زيادة إفراز هرمون النمو.
الهرمون المثبط لإطلاق هرمون النمو Growth hormone - inhibiting hormone	مركب بيتيدى صغير small peptide	خلايا الجزء النخامى الغدى المسئولة عن إفراز هرمون النمو.	يسبب نقص إفراز هرمون النمو.
الهرمون المحرر للهرمون المنظم لقشرة الغدة الكظرية Corticotropin - releasing hormone	مركب بيتيدى peptide	خلايا الجزء النخامى الغدى المسئولة عن إفراز الهرمون المنظم لقشرة الغدة الكظرية.	يسبب زيادة إفراز الهرمون المنظم لقشرة الغدة الكظرية.
الهرمون المحرر للهرمونات المنظمة للمناسل Gonadotropin - releasing hormone	مركب بيتيدى صغير small peptide	خلايا الجزء النخامى الغدى المسئولة عن إفراز الهرمونات المنظمة للمناسل.	يسبب زيادة إفراز الهرمونات المنظمة للمناسل.
الهرمون المثبط لإطلاق هرمون البرولاكتين Prolactin - inhibiting hormone	غير معروف تركيبه ومن المحتمل ان يكون الدوبامين	خلايا الجزء النخامى الغدى المسئولة عن إفراز البرولاكتين.	يسبب نقص إفراز البرولاكتين.
الهرمون المحرر لهرمون البرولاكتين Prolactin - releasing hormone	غير معروف تركيبه الكيميائى	خلايا الجزء النخامى الغدى المسئولة عن افراز البرولاكتين.	يسبب زيادة إفراز البرولاكتين.
الهرمون المحرر للهرمون المحفز للغدة الدرقية Thyroid - stimulating hormone releasing hormone	مركب بيتيدى	خلايا الجزء النخامى الغدى المسئولة عن إفراز الهرمون المحفز للغدة الدرقية.	يسبب زيادة إفراز الهرمون المحفز للغدة الدرقية.

الغدة الصنوبرية Pineal gland



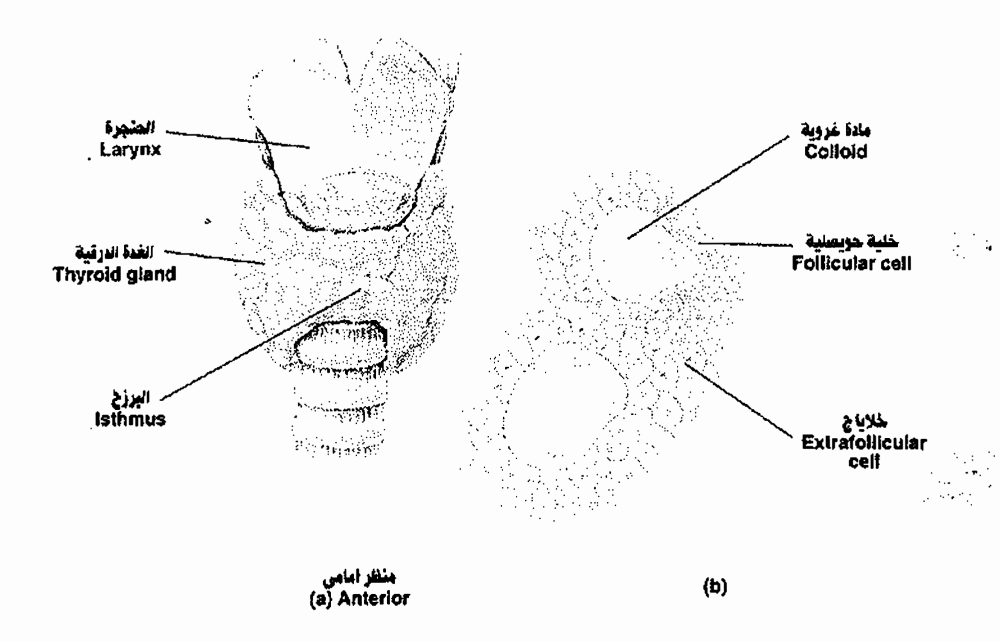
شكل (٣ ـ ٥٢) *الغدة الصنوبرية*
The pineal gland

الغدة الصنوبرية مخروطية الشكل وتقع فى البطين الدماغى الثالث داخل الدماغ (شكل ٣-٥٢)، وتُفرز هذه الغدة هرمون ببتيدى يسمى الميلاتونين **melatonin** وعديد من المواد الأخرى الشبيهة. ومن وظائف هذا الهرمون أنه يساعد على النوم **induction of sleep**، هذا بالإضافة إلى أنه يؤثر فى إفراز الهرمونات المنظمة للمناسل من الجزء النخامى الغدى، وأيضا تثبيط عملية التبويض فى المبيض، وذلك من خلال تثبيط إفراز الهرمون المحرر للهرمونات المنظمة للمناسل من منطقة تحت المهاد. ومن الثابت أن إفراز هرمون الميلاتونين يتوقف على وجود الضوء فى البيئة حيث يزيد إفرازه عندما يقل الضوء، بينما يقل إفرازه عند زيادة كمية الضوء.

الغدة الدرقية Thyroid gland

تتكون الغدة الدرقية من فصين يتصلان معا بواسطة برزخ **isthmus** وتوجد على القصبة الهوائية أسفل الحنجرة، وتزن فى الإنسان البالغ حوالى ٢٥ جراما. وبفحص قطاع عرضى فى الغدة بالمجهر الضوئى نجد أنها تشتمل على حويصلات عديدة **follicles or acini**، وجدار هذه الحويصلات عبارة عن نسيج طلائى يختلف شكل خلاياه بين المكعب **cuboidal** والعمودى **columnar**، وذلك طبقا لنشاط الغدة. ويوجد بين الحويصلات نوع آخر من الخلايا تسمى خلايا ج **extrafollicular or C cells** (شكل ٣-٥٣). وتقوم الخلايا المكونة للحويصلات بإنتاج هرمونين من الحامض الأمينى التيروسين **tyrosine** بربطه مع اليود. وهذان الهرمونان هما الثيروكسين

thyroxine (T_4) وثلاثى أيودو الثـيـرونين **triiodothyronine (T_3)**، بينمـا تنتج الخلايا الموجودة بين الحويصلات هرمون آخر يسمى الكالسيتونين **calcitonin**.



شكل (٣ - ٥٣) *الغدة الدرقية*

The thyroid gland

HO–C_6H_4–CH_2–CH(NH$_2$)–COOH

Tyrosine

Thyroxine (T_4)

HO–$C_6H_2I_2$–O–$C_6H_2I_2$–CH_2–CH(NH$_2$)–COOH

HO–C_6H_3I–O–$C_6H_2I_2$–CH_2–CH(NH$_2$)–COOH

Triiodothyronine (T_3)

وظائف هرموني الثيروكسين T_4 وثلاثى أيودو الثيرونين T_3

كلا الهرمـونين له دور هام فى تنشيط عمليات الأيض فى جمـيع خلايا الجسم، ومن هنا فإن الوظيفـة الأساسية لهما تكون مرتـبطة بعمليات النمو بصفة عـامة والجهاز العصبى بصـفة خاصة. ويبدو هذا واضـحا عند نقص إفراز الغدة الدرقـية فى الأطفال فيؤدى هذا النقص إلى إعاقة النمو، ولو لم يـتم تدارك ذلك مبكرا فقد يُنتج إنسان قزم متخلف عقليا **cretin**. أما فى حالة نقص نشاط الغدة عند الكبار فتظهر أعراض مرض الميكسيديما **myxoedema**، ومن أهم أعراضـه أن الجلد يصبح سـميكا وينتـفخ الوجه بسبب تراكم سوائل الجسـم تحت الجلد وبطء فى ضربات القلب، وقد تكون هناك زيادة فى وزن الجسم.

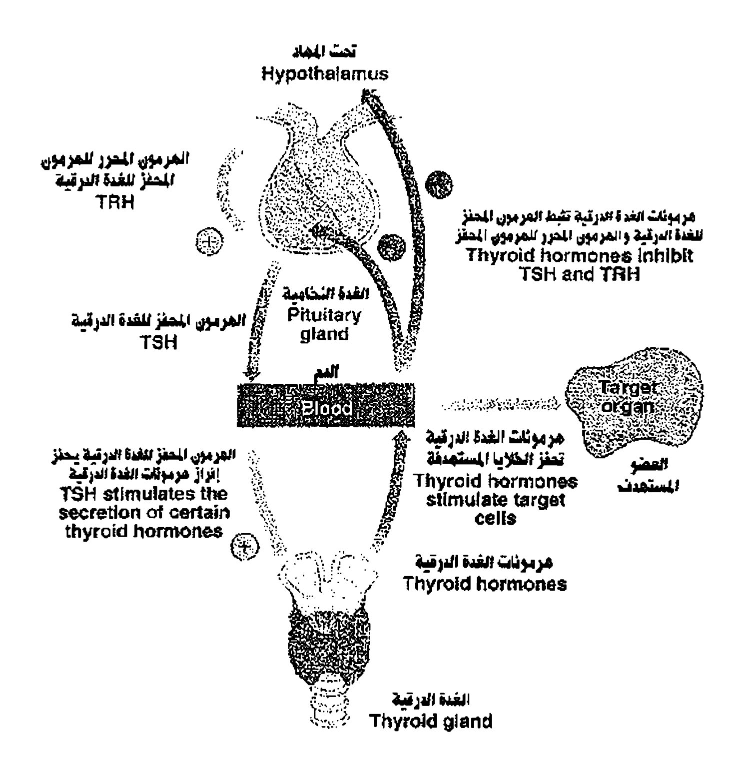
أما زيادة نشـاط الغدة الدرقية فـيؤدى إلى تضخـمها حيث يظهـر ورم فى منطقة الرقـبة أسـفل الحنجرة ويعـرف بالورم الدرقى **goiter**، علما بأن هذا الورم قـد يظهر بسبب نقص إفراز الغـدة. وغالبا ما يكون راجـعا لنقص كمية اليـود في الجسم ويعرف بالورم الدرقى بسبب نقص اليود **iodine deficiency goiter**، وتعالج مثل هذه الحالة بتناول أقراص تحتوى على اليود، ومن توصيات هيئـة الصحة العالمية الآن استخدام ملح الطعام المضاف إليه اليود **iodized table salt** بدلا من ملح الطعام العادى. ولكن فى حالة الورم الدرقى نتيجة زيادة إفراز الغـدة الدرقية والذى يسبب زيادة معدل الأيض عن المستوى الطـبيـعى ويظهـر ذلك بوضوح مـع نقص وزن الجسم وسـرعـة نبض القلب والعصـبية الزائدة مع ارتفـاع طفيف فى درجـة حرارة الجسم. ويمكن عـلاج هذه الحالة باستئصال جزء من الغدة الدرقية جراحيا **partial thyroidectomy**.

وكما أشرنا سابقا فإن هناك هرمونا محفزا للغدة الدرقية **(TSH)** ينطلق من الغدة النخامـية (الفص النخامى الغدى) يتـحكم فى تصنيع وتحرير الثيـروكسين وثلاثى أيودو الثيـرونين من الغدة الدرقيـة، فإذا انخفض مـستواهمـا فى الدم تتحرر كـمية أكـبر من الهرمون المحـفز للغدة الدرقية أمـا ارتفاعهما فى الدم فـيعمل على تثبيط تحـرر الهرمون المحفز للدرقيـة. أيضا فإن تحرير الهرمون المحفـز للدرقية من الغدة النخامية يتحكم فيه هرمون يفرز بواسطة تحت المهاد وهو المعروف باسم الهرمون المحرر للهرمون المحفز للغدة الدرقية **TRH** (شكل ٣-٥٤).

وظيفة هرمون الكالسيتونين

هرمون الكالسيتـونين يُفرز من خلايا ج **C cells** المنتشرة بين حـويصلات الغدة الدرقية، ولقـد وجد أن إفراز هذا الهرمـون يزيد بزيادة مستوى الكالسـيوم فى الدم عن

المعدل الطبيعى حيث يعمل هرمون الكالسيتونين على تخفيض مستوى الكالسيوم فى الدم من خلال تأثيره المباشر على الخلايا الأكولة فى العظام **osteoclasts** لتقليل نشاطها وعلى ذلك يزداد ترسيب الكالسيوم فى العظام.



شكل (٣ ـ ٥٤) *تنظيم إفراز هرمونات الغدة الدرقية*

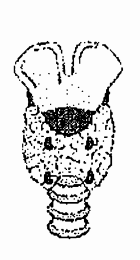
Control of thyroid hormones secretion

الغدد الجاردرقية Parathyroid glands

يوجد على السطح الظهرى للغدة الدرقية أربع غدد يُطلق عليها الغدد الجاردرقية (شكل ٣-٥٥) والوظيفة الأساسية لهذه الغدد هى إنتاج هرمون يسمى هرمون الغدة الجاردرقية **parathyroid hormone**، ويعمل هذا الهرمون على الحفاظ على المستوى الطبيعى للكالسيوم فى الدم. وإزالة هذه الغدد والذى قد يحدث بطريق الخطأ عند إزالة جزء من الغدة الدرقية **partial thyroidectomy** يؤدى إلى نقص سريع فى مستوى

الكالسيوم فى الدم، والذى يؤدى بدوره إلى تقلصات عضلية وحالة تشنج عضلى **tetany** مما يؤدى فى النهاية إلى الموت.

وهرمون الغدة الجاردرقية يعمل على رفع مستوى الكالسيوم فى الدم وذلك فى حالة نقصانه قليلا عن المعدل الطبيعى من خلال تحفيز الخلايا الأكولة فى العظم، حيث يؤدى نشاط هذه الخلايا إلى تآكل العظام المجاورة لها وبالتالى يتحرر كل من الكالسيوم والفوسفات. ومن هنا فلو زاد مستوى الكالسيوم عن المعدل الطبيعى يقل نشاط الغدد الجاردرقية، وعلى ذلك يقل إفرازها. وحيث إن عمل هرمون الكالسيتونين معاكس لعمل هرمون الغدة الجاردرقية فهنا يمكن القول أن الهرمونان يعملان معا لحفظ مستوى الكالسيوم فى الدم حول معدله الطبيعى.



شكل (٣ ـ ٥٥) الغدد الجاردرقية
Parathyroid glands

وهنا تجدر الإشارة إلى علاقة ڤيتامين د بمستوى الكالسيوم فى الدم حيث يتحول هذا الڤيتامين من خلال أكسدة ثنائية الخطوات إلى مركب يسمى ١، ٢٥ ثنائى هيدروكسى ڤيتامين د **1, 25-dihydroxy vitamin D**، وهذا المركب له دور هام فى عملية امتصاص الكالسيوم فى منطقة الأمعاء بواسطة الانتقال النشط **active transport**. وكما أشرنا سابقا فإن نقص ڤيتامين د يسبب مرض الكساح **rickets** وخاصة عند الأطفال.

غدة الكظر (الغدة فوق الكلوية) Adrenal (Suprarenal) gland

غدة الكظر فى الفقاريات عبارة عن غدة مزدوجة تقع كل واحدة منهما قريبا من الكلية أو فوقها. وتتكون كل غدة من طبقتين الخارجية تُعرف باسم القشرة **cortex** والداخلية تُسمى النخاع **medulla** (شكل ٣ - ٥٦)، وهاتان الطبقتان تختلفان من حيث النشأة الجنينية حيث تنشأ طبقة القشرة من الميزودرم **mesoderm**، بينما تنشأ طبقة النخاع من الاكتودرم **ectoderm**، وكل طبقة تفرز الهرمونات الخاصة بها، هذا

بالإضافة إلـى أن وظيفة القشـرة تكون تحت سيطرة الغدة النخامـية بينما وظيفـة النخاع يتحكم فيها الجهاز العصبى السمبثاوى.

١ - هرمونات قشرة الغدة الكظرية Hormones of the adrenal cortex

هرمونات قـشرة الغدة الكظرية عـبارة عن سـتيرويدات **steroids** وتنقسم طبـقا لوظائفها إلى ثلاث مجموعات هى:

أ - هرمونات القشرة الخاصة بالسكريات Glucocorticoids

ومن أشهرها الكورتيزول **cortisol** والكورتيكوستيرون **corticosterone**. وهذه المجموعـة من الهرمونات لها تأثيراتهـا الهامة على عمليـات الأيض وخاصة أيض المواد الكربوهيـدراتيـة، حيث تسبب هذه الهـرمونات تـكوين الجلوكوز من مـصـادر غيـر كربوهيدراتية **gluconeogenesis**، وبالتالى يرتفع مستوى الجلوكوز فى الدم، أيضا هذه الهرمـونات تؤدى دورا هاما كمركـبات مضادة للالتـهابات **antiinflammatory** ولذا تستـخدم فى علاج عديد من الأمـراض المصحوبة بالالتهـابات ولكن يجب استخـدامها بعناية فائقة وتحت إشراف طبى.

Cortisol

ب- هرمونات القشرة الخاصة بالمعادن Mineralocorticoids

ومن أهم هرمونات هذه المجـموعة هرمون الألدوسـتيرون **aldosterone**. ومن أهم وظائفه الحفاظ على توازن المعادن فى الجسم وذلك من خلال تنظيم إعادة امتصاص أيونات الصوديوم والكـلورين فى الأنيبوبات البـولية فى الكلية، وأيضا عمليـة إخراج البوتاسـيوم بواسطة الكليـتين. ومن هنا يمكن القول أن هذه المجـموعة من الهـرمونات تعمل على الحفاظ على المستوى الصحيح لهذه الأيونات فى الدم.

Aldosterone

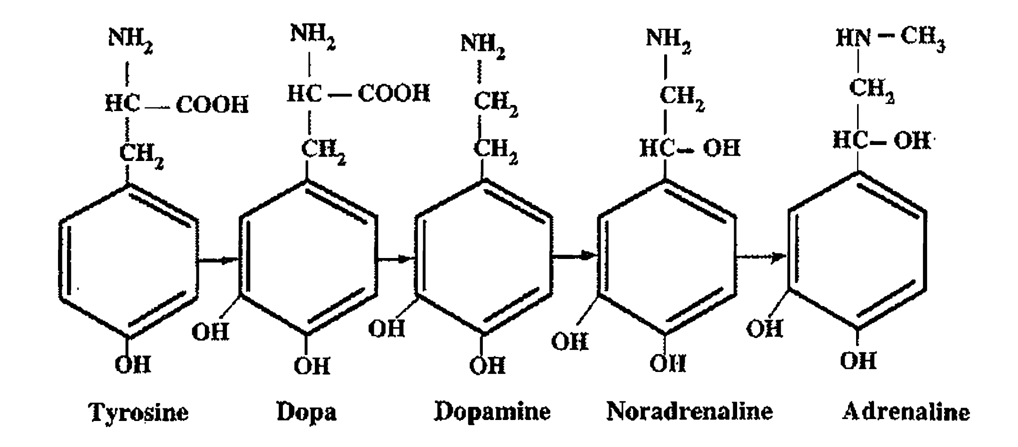
جـ- هرمونات الجنس Sex hormones

تشمل هذه المجموعة من الهرمونات التستوستيرون **testosterone** والإستروچين **estrogen** والبروچستيرون **progesterone**. وفى الواقع فإنها تُفرز بكميات ضئيلة من قشرة غـدة الكظر ولكن مصدرها الرئيسى فى الجسم المناسل. وقد يسبب تـضخم غدة الكظر بعض الحالات المرضـية فى الإنسان. (وسوف تُذكر وظائف هـذه الهرمونات مع عمل المناسل **gonads** كغدد صماء).

وكما أشرنا سابقـا فإن قشرة غدة الكظر تعمل تحت سيطرة الغـدة النخامية حيث يُفرز هرمون محفز لقشرة الغدة الكظرية (**ACTH**) والذى يزيد إفرازه من الجزء النخامى الغدى عند انخفاض مـستوى هرمونات قشرة الغدة الكظرية فى الدم، وذلك لتـحفيزها على إنتاج هرمـوناتها بينما ينخـفض إفراز هذا الهرمون المحـفز من الغدة النخامـية عند ارتفاع مستوى هرمونات قشرة الغدة الكظرية.

٢- هرمونات نخاع الغدة الكظرية **Hormones of the adrenal medulla**

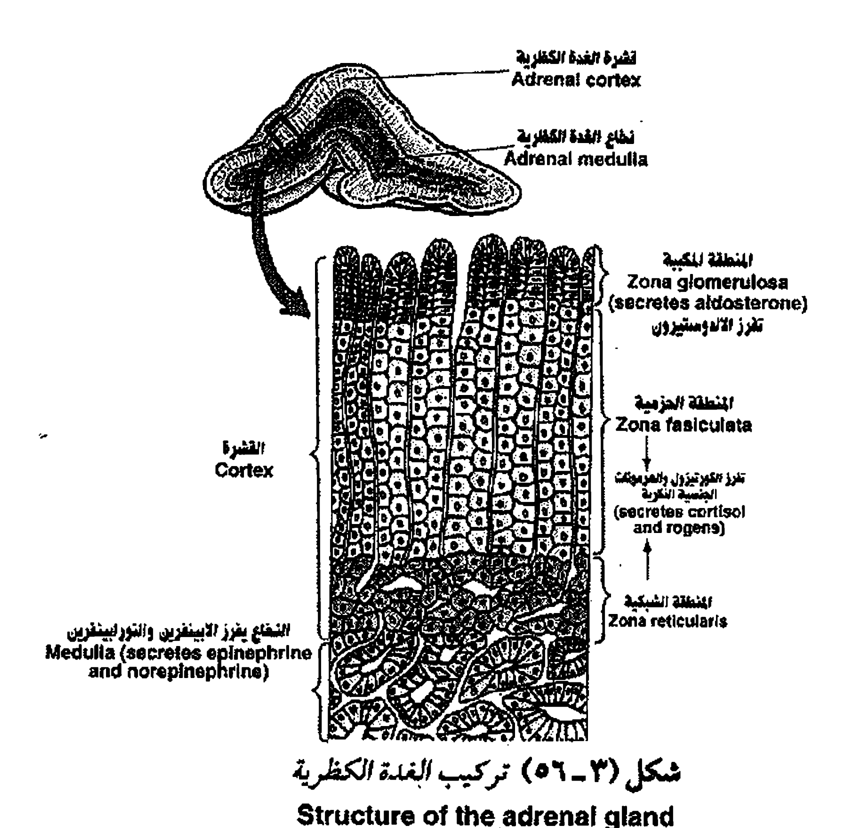
يُفرز نخاع الغـدة الكظرية هرمونين هما الإدرينالين **adrenaline** (ويُعرف أيضا باسم الإبينفـرين **epinephrine**)، والنورادرينالين **noradrenaline** (ويُعـرف أيضـا باسم النورابينفـرين **norepinephrine**). والهـرمونان ينتـميـان من حـيث التركـيب الكيمـيائى إلى مـجموعـة تُعرف باسم الكاتيكـولامينات **catecholamines** والتى يتم تصنيعها فى خلايا نخاع الغدة الكظرية من الحامض الأمينى التيروسين **tyrosine**.



وتطلق خـلايا النخـاع هذين الهـرمـونين فى الدم بنسـبـة ٨٠٪ أدرينالين و ٢٠٪ نورادرينالين، وعـمل الهرمـونين متشـابه إلى حد كـبيـر ويدور حول وظائف الأعـضاء الداخلية فى حالات الطوارئ **emergency situations**، والتى يُوضع فيها الجسم مثل الخوف والإثارة والقتال والهروب، فكلا الهرمونين يعمل على زيادة سرعة نبض القلب، وأيضا تقلص الـعضلات الملسـاء فى العديد من الأوعيـة الدموية، بينمـا يُسببـان ارتخاء العضـلات فى الأوعية الدمـوية المغذية للعضـلات الهيكلية، أى يُسـببان اتساع الأوعـية الدموية فى العضلات الإرادية. ويعمل هرمون الإدرينالين على رفع نسبة السكر فى الدم من خلال تـأثيره على تحـويل جليكوچين الكبد إلى جلوكـوز. ومن كل ما تقـدم يمكن القول أن هرمونى الادرينالين والنورادرينالين يعـملان على تهيئة الجسم لمجـابهة أى حالة من الحـالات الطارئة حيث يعـمـلان على زيادة سرعـة نبض القلب وزيادة ضـغط الدم وارتفاع مستوى السكر فيه، ويساعدان عضلات الجسم على الحصول على الطاقة اللازمة للانقـباض مع زيادة اسـتهـلاك الأكـسجين ويظهـر هذا بوضوح أثـناء تأدية التمـرينات الرياضية.

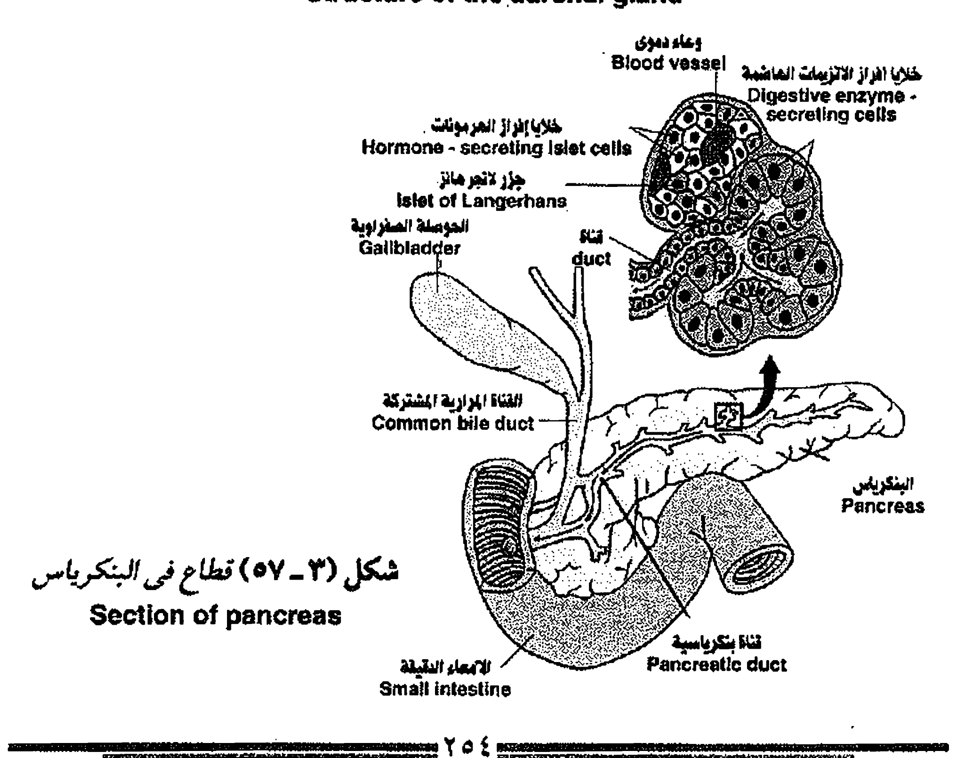
- البنكرياس **Pancreas**

يُعـتـبر البـنكرياس غدة مـزدوجـة حـيث يقـوم بإفـراز العصـارة البنكرياسـيـة **pancreatic juice** والتى تصـل إلى الاثنى عـشـر عن طريق القنـاة البنكرياسـيـة **pancreatic duct**، وبذلك يلعب دورا كغدة قنوية **exocrine gland**. هذا بالإضافة لدوره فى الجسم كـغدة صـماء **endocrine gland** حيث يُـفرز أيضا ثلاثة هـرمونات والتى تصل إلى الدم مبـاشرة. ومن هنا فإن دراسـة قطاع فى البنكرياس (شكل ٣-٥٧) توضح وجود نوعين من الخلايا:



شكل (٣ ـ ٥٦) تركيب الغدة الكظرية

Structure of the adrenal gland



شكل (٣ ـ ٥٧) قطاع فى البنكرياس

Section of pancreas

(١) خلايا الحويصلات **acini** والتى تقوم بإفراز العصارة البنكرياسية الهاضمة.

(٢) خلايا جزر لانجرهانز **islets of Langerhans** وهى عبارة عن ثلاثة أنواع من الخلايا توجد مبعثرة بين خلايا الحويصلات، وهذه الخلايا هى:

(أ) خلايا ألـفا **alpha cells** وهى المسـئولة عن إفـراز هرمـون الجلوكاجـون **glucagon** وهو مركب عديد الببتيد **polypeptide**.

(ب) خـلايا بيتـا **beta cells** وتُفـرز هرمون الأنسـولين **insulin** وهو مركب بروتينى.

(جـ) خلايا دلتا **delta cells** وتُفرز هرمون السوماتوستاتين **somatostatin** وهو مركب عديد الببتيد.

وظائف هرمونات البنكرياس

١ - الأنسولين **Insulin**

يلعب الإنسولين دورا هاما فى انتقال جلوكوز الدم إلى خلايا الجسم، ويظهر هذا الدور عند نقص إفراز الإنسولين فيؤدى ذلك إلى ارتفاع مستوى السكر فى الدم، ويظهر بذلك السكر فى البـول. ويُعـرف هذا بمرض السكرى **diabetes mellitus** وكمـا هو معروف فإن عدم علاج هذا المرض يؤدى إلى نقص فى وزن الجسم نتـيجة عدم استفادة خلايا الجسم بسكر الدم وتعتمد على الدهون المختزنة فى الحصول على الطاقة.

ومن الثابت أن الإنسولين يساعد فى دخول الجلوكوز إلى الخلايا من خلال سرعة تحويل الجلوكوز إلى فوسفات الجلوكوز.

$$\text{Glucose + ATP} \xrightarrow{\text{Insulin}} \text{Glucose - 6 - phosphate + ADP}$$

وللإنسولين تأثيرات عديدة مرتبطة بأيض الكربوهيدرات والدهون.

وهنا تجدر الإشارة إلى أنه باستخـدام تكنولوجيا الهندسة الوراثية، تم عزل الجين المسئول عن تصنيع الإنســولين فى خلايا البنكرياس، وباستخدام نوع مـعين من البكتيريا (اشـيرشـيا كـولاى *Escherichia coli*) يتم تصنيع واسـتـخلاص الإنسـولين الآدمى **human insulin**، والذى يستخدم الآن بكفاءة عـالية لعلاج المرضى الذين يعانون من ارتفاع السكر فى الدم نتيجة نقص إفراز هرمون الإنسولين.

٢- الجلوكاجون Glucagon

يعمل هرمون الجلوكاجون على رفع مستوى جلوكوز الدم وبالتالى فتأثيره مضاد لتأثير هرمون الأنسولين على أيض المواد الكربوهيدراتية حيث إن السبب المباشر لزيادة سكر الدم عن طريق هذا الهرمون هو زيادة سرعة تحلل الجليكوچين **glycogenolysis** فى الكبد وتحوله إلى جلوكوز.

ويتأثر إفراز هرمونى الجلوكاجون والإنسولين بمستوى الجلوكوز فى الدم، فارتفاع مستوى السكر فى الدم يعمل على تثبيط خلايا ألفا لتقليل إفراز هرمون الجلوكاجون وفى نفس الوقت ينبه خلايا بيتا لكى تُفرز هرمون الإنسولين، بينما انخفاض مستوى السكر فى الدم يعمل على تثبيط خلايا بيتا لتقليل إفراز هرمون الإنسولين وينبه خلايا ألفا لزيادة إفراز هرمون الجلوكاجون.

٣- السوماتوستاتين Somatostatin

هرمون السوماتوستاتين يعمل على تثبيط إفراز هرمونى الإنسولين والجلوكاجون، ومن هنا فإن هذا الهرمون ينطلق من خلايا دلتا استجابة لتناول الطعام **released in response to food intake**.

هرمونات الهضم Hormones of digestion

بالإضافة لوظيفة الطبقة المخاطية المبطنة للمعدة والأمعاء فى إفراز العصارات الهاضمة فإنها تعمل أيضا كغدة صماء حيث تقوم بإفراز عدد من الهرمونات والتى لها دور أساسى فى تنظيم عمليات الهضم المختلفة. ومن أهم الهرمونات التى تُفرز من مخاطية المعدة والأمعاء أربعة هرمونات وجميعها عديدة الببتيدات (شكل ٣-٥٨).

١- الجاسترين Gastrin

الجاسترين يُفرز من مخاطية الجزء البوابى من المعدة **pyloric portion of stomach** عند وصول الطعام إلى المعدة لكى ينبه الخلايا الجدارية **parietal cells** فى الغدد المعدية لتحفيزها لإفراز حامض الهيدروكلوريك.

٢- كوليسيستوكينين Cholecystokinin

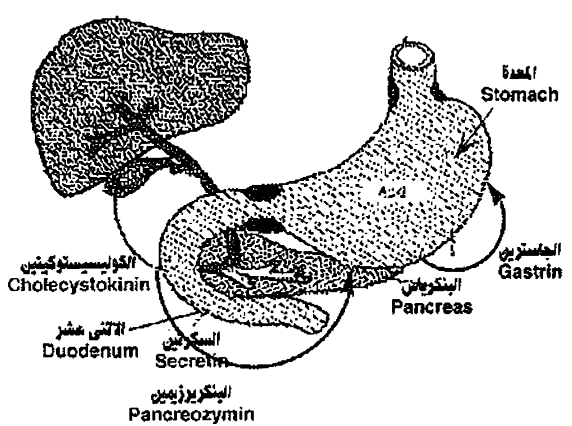
هذا الهرمون يُفرز من الغشاء المخاطى للأمعاء ويعمل على انقباض الحويصلة المرارية **gallbladder** وبذلك يساعد فى انسياب العصارة الصفراوية المختزنة بها لكى تصل إلى الأمعاء.

٣- بنكريوزيمين Pancreozymin

هذا الهرمون يُفرز أيضا من الغشاء المخاطى للأمعاء وينبه البنكرياس لإفراز عصارة بنكرياسية غنية بالمحتوى الإنزيمى.

٤- السكرتين Secretin

السكرتين يُفرز من الغشاء المخاطى للأمعاء وينبه البنكرياس لإفراز عصارة بنكرياسية غنية بمادة البيكربونات.



شكل (٣-٥٨) هرمونات الهضم
Hormones of digestion

هرمونات التكاثر
Hormones of reproduction

هرمونات التكاثر تُفرز من المناسل **gonads** وتشمل المبيض **ovary** فى الأنثى والخصية **testis** فى الذكر. فبالإضافة لوظيفة المبيض فى تكوين البويضات والخصية فى تكوين الحيوانات المنوية، فإنهما يعملان أيضا كغدد صماء حيث يقوما بإفراز هرمونات تعرف باسم الهرمونات الجنسية **sex hormones**.

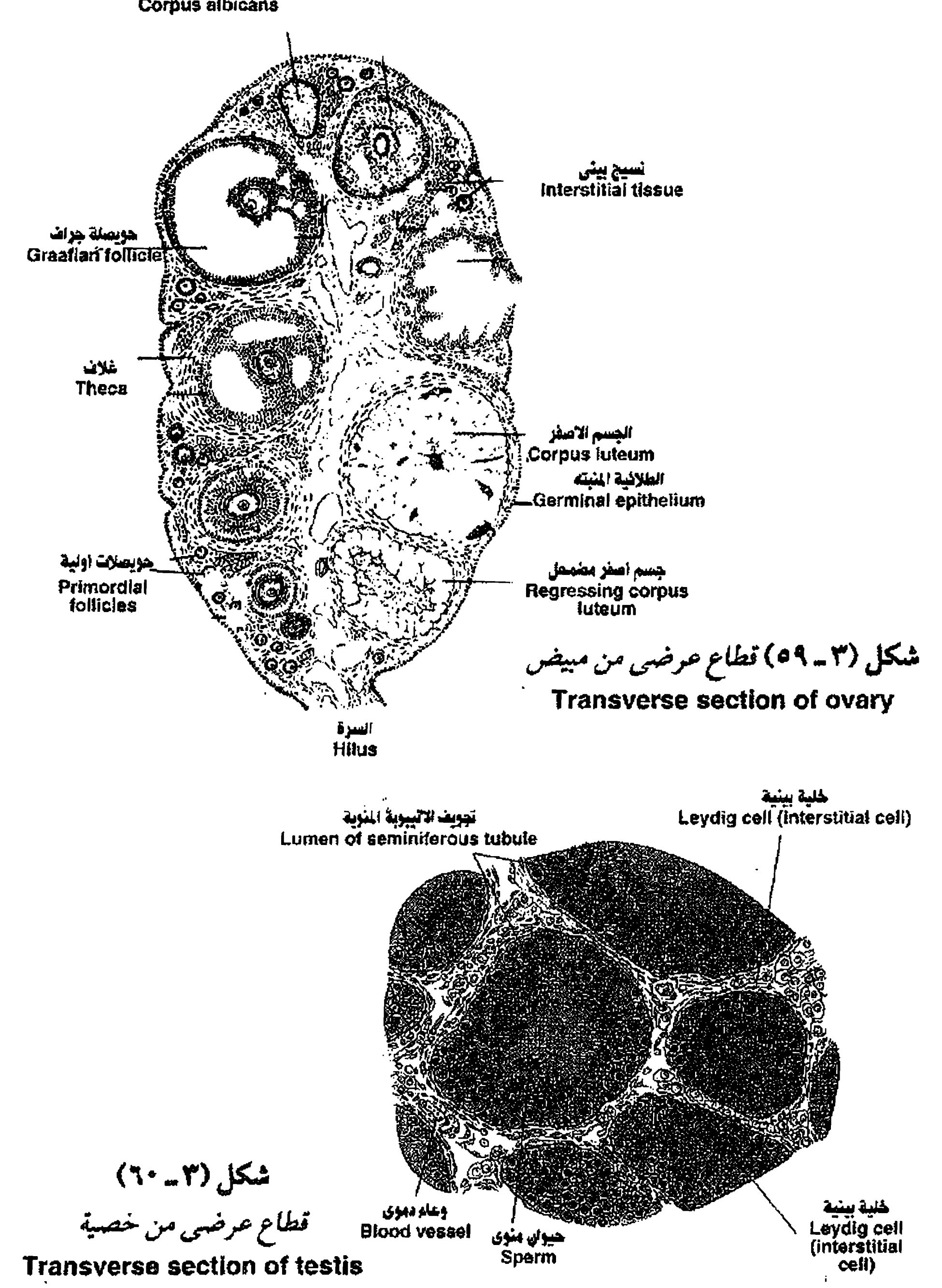
١- المبيض **Ovary**

يفرز المبيض (شكل ٣-٥٩) نوعين من هرمونات الجنس الأنثوية **female sex hormones** وهما الاستروجينات **estrogens** والبروجستيرون **progesterone** وهذه الهرمونات عبارة عن إستيرويدات **steroids**. والاستروجينات تساعد على نمو الأعضاء التناسلية للأنثى وأيضا ظهور الصفات الجنسية الثانوية **secondary sexual characters**. أما هرمون البروجستيرون فهو مسئول عن إعداد الرحم لاستقبال الجنين كما يساعد على اكتمال نمو الغدد اللبنية لكى تُفرز اللبن بعد عملية الولادة.

٢- الخصية **Testis**

يوجد بين الأنيبوبات المنوية **seminiferous tubules** داخل الخصية خلايا تسمى الخلايا البينية **interstitial cells** وهى التى تقوم بإفراز هرمون الجنس الذكرى

التستوستيرون **testosterone** (شكل ٣-٦٠). وهذا الهرمون عبارة عن مركب إستيرويدى وهو مسئول عن نمو الأعضاء التناسلية فى الذكر وأيضا ظهور الصفات الجنسية الثانوية.



شكل (٣ ـ ٥٩) قطاع عرضى من مبيض
Transverse section of ovary

شكل (٣ ـ ٦٠)
قطاع عرضى من خصية
Transverse section of testis

وكما أشـرنا سابقا عند دراسة وظائف الغـدة النخامية فإن عـمل كل من المبيض والخصية كغدد صماء يتحكم فيـه الجزء النخامي الغدى حيث يُفرز هذا الجزء الهرمونات المنظمة للمناسل **gonadotrophic hormones** والتى تنظم إفراز هرمونات التكاثر من المبيض والخصية.

هرمونات الكلية Hormones of the kidney

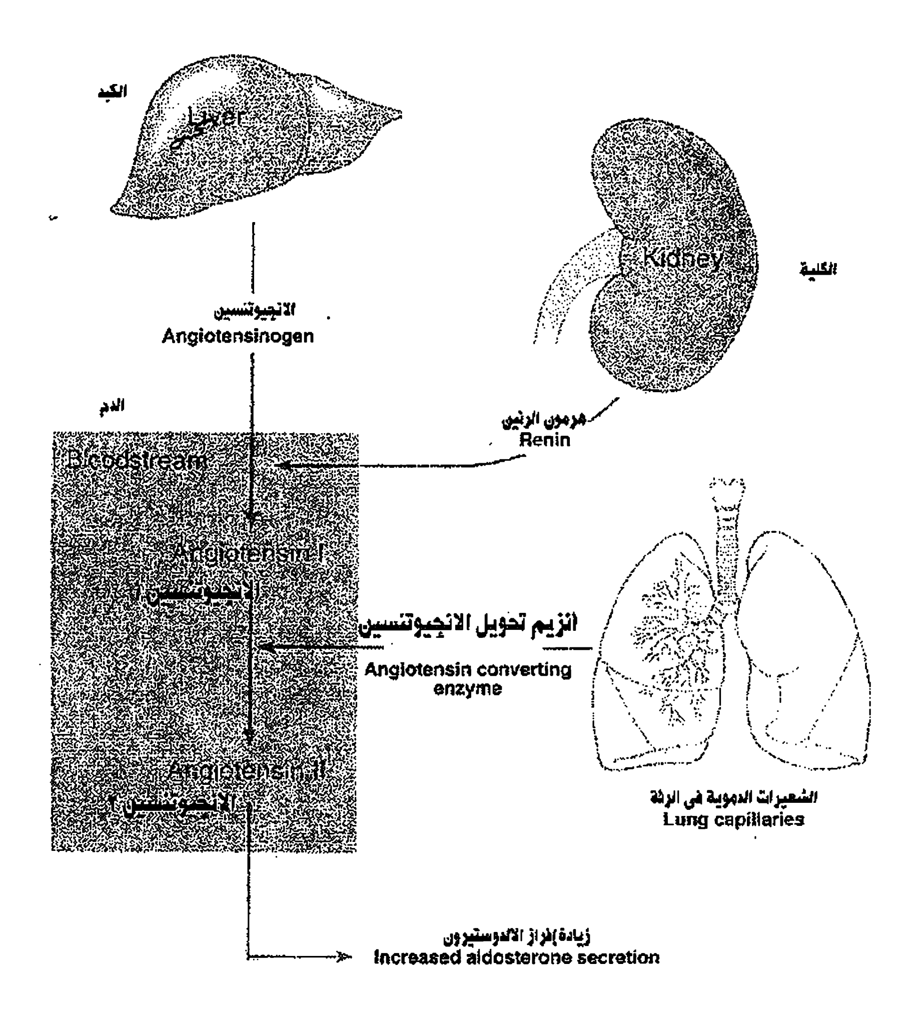
بجانب وظيـفة الكلية الأسـاسية فى عـملية الإخراج فـمن الثابت الآن أن هناك بعض الهرمونات تُفرز من الكلية وهما الأرثروبيوتين **erythropoietin** وهرمون الرنين **renin**.

١ - الأرثروبيوتين Erythropoietin

الأرثروبيوتين هرمون جليكوبروتينى **glycoprotein** يشتمل على ١٦٦ حامض أمينى. وهذا الهرمون يعمل على تحـفيز خلايا الجذع **stem cells** فى نخاع العظم لكى يتم انقسامها وتحورها لتكوين كريات الدم الحـمراء، والعامل المحفز لإفراز هذا الهرمون هو نقص كمـية الأكسـچين التى تصل إلى الكليتـين والأعضاء الأخـرى فى الجسم عن المعدل الطبيـعى. فعلى سبيل المثـال عند إقامة شخص ما فى المناطق المـرتفعة عن سطح البحر حيث يـقل الضغط الجزئى للأكسچين فى الجو عندئذ يزداد مـعدل تكوين كريات الدم الحمراء لكى تساعد فى نقل الأكسچين إلى الخلايا.

٢- هرمون الرنين Renin hormone

الشكل التالى (شكل ٣-٦١) يوضح أهميـة هرمون الرنين والذى يُفرز من خلايا خاصـة تبُطن الشرينات الواردة **afferent arterioles** فى الوحدات البوليـة فى الكلية والذى ينطلق إلى الدم ويساعـد على تحويل مركب بروتينـى موجود فى البلازمـا يسمى الأنچيوتينسينوچين **angiotensinogen** إلى الأنچيوتينسين ١ **angiotensin 1**، والذى يتـم تنـشـيطه بواسطة إنزيم مـوجـود فى الـشـعـيـرات الدمـوية للرئتين لـكى يتكون الأنچيوتينسين ٢ **angiotensin II** الذى يعمل بدوره على تنشيط قشرة غدة الكظر لكى ينطلق هرمون الألدوستيرون فى الدم.



شكل (٣ ـ ٦١) آلية عمل هرمون الرنين

Mechanism of action of renin

اتزان الجسم الداخلى
Homeostasis

الاتزان الداخلى للجسم يعنى المحافظة على تركيب البيئة الداخلية للكائن الحى مع الثبات النسبى لأى مكون من مكونات الجسم. وهذا الثبات يتم من خلال العمليات الفسيولوچية. ومن هنا فجميع الأعضاء والأجهزة الموجودة بجسم الكائن تعمل على المحافظة على الثبات النسبى للبيئة الداخلية بأجهزة تنظيم التوازن الداخلى **homeostatic control systems**.

إن وظائف الخلايا والأنسجة والأعضاء تُنظم بطريقة تكاملية (أى يحدث تكامل مع بعضها لإحداث اتزان داخلى لوظائف الجسم كله)؛ ولذا عند ظهور أى خلل أو تغير فى وظيفة ما تحدث عدة تفاعلات خاصة تؤدى إلى تقليل آثار هذا التغير بأكبر قدر ممكن نتيجة استجابة أجهزة تنظيم الاتزان الداخلى.

وفيما يلى بعض الأمثلة لعمل أجهزة الجسم فى تنظيم التوازن الداخلى:

أولا: التكامل فى عمل الجهاز الدورى:

Integration of circulatory system function

يعتبر الجهاز الدورى أحد أهم أجهزة الاتزان الداخلى حيث يقوم بعدة وظائف هامة فى الجسم منها:

١- القيام بعملية تبادل الغازات بين خلايا الجسم والبيئة الخارجية المحيطة بالكائن الحى.

٢- القيام بتوزيع نواتج عمليات الهضم الممتصة من القناة الهضمية وأيضا الهرمونات التى تفرزها الغدد الصماء إلى أنسجة الجسم المختلفة.

٣- يقوم الدم بنقل نواتج عمليات الهدم إلى أعضاء مختصة بالإخراج.

٤- تساعد الدورة الدموية على تنظيم وتوزيع الحرارة بالجسم.

٥- تساعد الدورة الدموية على ثبات الأس الهيدروچينى لسوائل الجسم.

٦- تعمل كريات الدم البيضاء على حماية الجسم ضد الميكروبات والفيروسات كما تعمل الصفائح الدموية على إيقاف أو تقليل نزف الدم بواسطة عملية تجلط الدم **blood clotting**.

• تنظيم تكوين كريات الدم الحمراء:

Regulation of erythrocyte production

من المعروف أن عملية تكوين أو إنتاج كريات الدم الحمراء يتم عن طريق آليات التنظيم الرجعي السالب **negative feed back mechanisms** حيث إن المنظم الأساسي لعدد كريات الدم الحمراء هو هرمون الإرثروبيوتين **erythropoietin** الذي يفرز من الخلايا المبطنة للشعيرات الدموية في الكليتين، وهذا الهرمون يعتبر المنظم المباشر لتكوين كريات الدم الحمراء؛ لذا عند انخفاض ضغط الأكسجين في الدم الداخل إلى الكليتين يسبب زيادة إفراز هذا الهرمون الذي يعمل على خلايا نخاع العظم الأحمر حيث يقوم بتحفيز الخلايا الجذعية **stem cells** لكي يتم انقسامها وتحورها لتكوين كريات الدم الحمراء (انظر ص ٢٥٩)، كما أن زيادة ضغط الأكسجين في الدم الداخل للكليتين يسبب نقص إفراز هذا الهرمون.

• تنظيم انتقال نبض القلب: Regulation of heart beat conduction

كما أشرنا سابقًا (ص١٩٤) فإن نبض القلب ينشأ في أنسجة خاصة عبارة عن ألياف عضلية متحورة موجودة في القلب وهي التي تعمل على تنظيم واستمرارية انقباض عضلة القلب. ويطلق على هذه الأنسجة الخاصة جهاز التوصيل في القلب **conducting system of the heart** (شكل ٣- ٢٨)، وهناك ألياف عصبية متصلة بالقلب تعمل على زيادة سرعة نبض القلب لمجابهة احتياجات الجسم في الأحوال الطارئة مثل حالة بذل مجهود كما يحدث أثناء أداء التمرينات الرياضية حيث يلاحظ زيادة نبض القلب. كما أن هناك بعض الهرمونات التي تسبب زيادة سرعة نبض القلب مثل هرمون الأدرينالين والذي يُفرز من نخاع الغدة الكظرية (انظر ص ٢٥٣)، كما يعمل أيضًا على زيادة تدفق حجم الدم من القلب والذي يُعرف باسم الدفع القلبي **cardiac output**، حيث إن حجم الدم المندفع من القلب أثناء تأدية التمرينات الرياضية يزيد عدة مرات مقارنة بحجم الدم المندفع من القلب أثناء حالة الراحة.

وهنا تجدر الإشارة إلى أن تنظيم عمل القلب يمكن تقسيمه إلى:

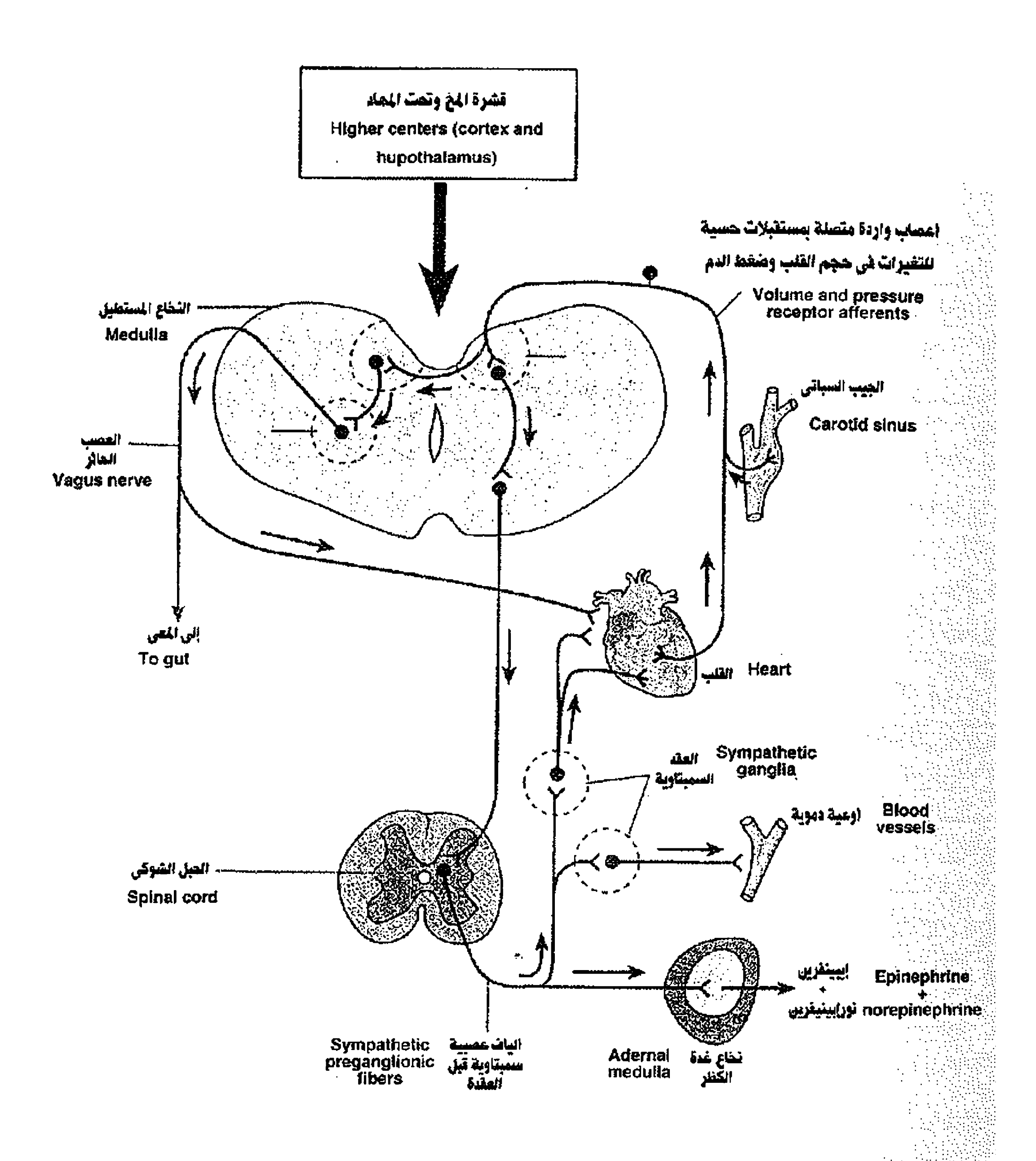
١- تنظيم داخلي: **Intrinsic regulation**

وهو ناتج من الخصائص الوظيفية الطبيعية لعضلة القلب.

٢- تنظيم خارجي: **Extrinsic regulation**

يشمل التحكم العصبي والهرموني في عضلة القلب.

(انظر ص١٩٦ و٢٣٧ وشكل (٣-٦٢).



شكل (٣ ـ ٦٢) رسم تخطيطي لتوضيح الاتصالات العصبية
السمبتاوية والجار سمبتاوية بالجهاز الدوري

ثانياً: تنظيم عملية التنفس: Regulation of breathing

كما أشرنا سابقا (ص٢٠٦) فإن تنظيم عملية التنفس يتم بطريقتين هما:

أ- التنظيم العصبى Neural control of breathing.

ب- التنظيم الكيميائى Chemical control of breathing.

أ- التنظيم العصبى للتنفس:

يتم تنظيم عملية التنفس عن طريق مركز عصبى يقع فى منطقة ساق المخ **brain stem**، ومن هذا المركز تُرسل نبضات عصبية تعمل على انقباض عضلات الحجاب الحاجز والتى تسبب الشهيق، وعند امتلاء الرئتين بالهواء تتوقف هذه النبضات ليعاد ارتخاء هذه العضلات.

ويوجد عدة آليات مسئولة عن إنهاء النبضات العصبية المسببة لعملية الشهيق وهى:

١- التنظيم الرجعى السالب negative feed back mechanism حيث يرسل مركز التنفس الموجود فى ساق المخ إشارات عصبية إلى عضلة الحجاب الحاجز وأيضًا إلى العضلات بين الضلوع لكى يتم انقباضها وتتم عملية الشهيق، وفى نفس الوقت يرسل مركز التنفس إشارات عصبية أخرى إلى مركز آخر موجود فى الدماغ الخلفى، وهذا المركز الأخير يرسل بدوره إشارات عصبية إلى مركز التنفس بساق المخ لكى يثبطه، وهذا يسبب انبساط عضلات الشهيق.

٢- بالإضافة لوجود مركز التنفس فى ساق المخ يوجد أيضًا مناطق تستقبل إشارات عصبية من مستقبلات كيميائية **chemoreceptors** (هذه المستقبلات موجودة على الشريان الأورطى والشريان السباتى وأيضًا فى المخ)، وتلك المستقبلات سريعة التأثر بتركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى بلازما الدم، وبالتالى فإثارة هذه المستقبلات تسبب زيادة معدل عملية التنفس كنتيجة لزيادة ضغط ثانى أكسيد الكربون فى الدم.

٣- يوجد أيضًا تنظيم رجعى سالب آخر يتم عن طريق خلايا عصبية حسية موجودة بالرئتين، وهذه الخلايا الحسية تتأثر عند امتلاء الرئتين بالهواء، وعندئذ ترسل إشارات عصبية إلى مركز التنفس لتثبيط انقباض عضلة الحجاب الحاجز وعضلات الضلوع وتسبب انبساطها.

ب- التنظيم الكيميائى للتنفس:

هناك ثلاث مواد كيميائية توجد فى الدم وتؤثر على عملية التنفس وهى غاز ثانى أكسيد الكربون وأيونات الهيدروچين وغاز الأكسچين. ويعتبر ثانى أكسيد الكربون أقوى منظم لعملية التنفس حيث توجد مستقبلات كيميائية على الشريان الأورطى، والشريان السباتي، وهذه المستقبلات تتأثر بضغط هذا الغاز الموجود فى الدم وتُرسل إشارات عصبية إلى مركز التنفس حيث تزيد هذه الإشارات بزيادة ضغط أو تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون، وعندئذ يزيد انقباض عضلات التنفس مما يسبب زيادة معدل عملية التنفس، وعادة يحدث العكس عند انخفاض مستوى غاز ثانى أكسيد الكربون فى الدم.

أيضًا من المعروف أن ثانى أكسيد الكربون فى بلازما الدم يتم تحويله إلى حمض الكربونيك **carbonic acid** والذى يتأين بدوره إلى أيونات الهيدروجين **hydrogen ions** وأيونات البيكربونات **bicarbonate ions** ومن هنا فزيادة غاز ثانى أكسيد الكربون فى بلازما الدم وأيضًا فى سوائل المخ يؤدى إلى زيادة تركيز أيونات الهيدروجين التى تؤثر على المستقبلات الكيميائية فى المخ، والتى ترسل بدورها إشارات عصبية إلى مركز التنفس بساق المخ، ومن هنا يرسل هذا المركز إشارات عصبية إلى عضلات التنفس لكى تزيد من انقباضها مما يؤدى إلى زيادة معدل عملية التنفس.

هذا بالإضافة إلى وجود مجموعة أخرى من المستقبلات تتأثر بضغط الأكسچين فى الدم وتعرف بمستقبلات الأكسجين **oxygen receptors** والمعروف أن حساسية هذه المستقبلات أقل كثيرًا من مستقبلات ثانى أكسيد الكربون وأيضًا أقل من حساسية أيونات الهيدروجين. ومن هنا يمكن القول أن غاز ثانى أكسيد الكربون وأيونات الهيدروجين هما المنظم الكيميائى الرئيسى لعملية التنفس.

ثالثا: تنظيم حجم سوائل الجسم:

Regulation of the volume of body fluids

كما هو معروف فإن الوظيفة الأساسية للكلية هى تخليص الجسم من المواد الإخراجية والماء الزائد مع المحافظة على حجم وتركيب الدم (انظر ص ٢١٢) حيث تقوم النفرونات (الوحدات المسئولة عن تكوين البول فى الكلية) بترشيح تام للبلازما، لذا فالكلية تلعب دورًا هامًا فى المحافظة على الاتزان الداخلى، فأثناء عملية تكوين البول تقوم الكلية بالمحافظة على محتوى الجسم من الماء حيث يتم إعادة امتصاص الماء بعد عملية الترشيح، ومن هنا فإن الكلية لها المقدرة على زيادة أو تقليل معدل امتصاص الماء على حسب حالة الجسم. ففى حالة العطش أو الجفاف (نقص الماء بالجسم) تزيد

الكلية من معدل إعادة امتصاص الماء، بينما يقل معدل امتصاص الماء عند تناول الشخص كميات كبيرة من ماء الشرب.

هناك تنظيم هرمونى لإعادة امتصاص الماء عن طريق الكلية، والهرمونان الأساسيان فى عملية إعادة امتصاص الماء هما:

١- **الهرمون المضاد لإدرار البول Antidiuretic hormone (ADH)** والذى يفرز من الفص الخلفى للغدة النخامية (علمًا بأنه يُخلق فى منطقة تحت المهاد فى المخ **hypothalamus**).

٢- **هرمون الألدوستيرون aldosterone** والذى يفرز من قشرة الغدة الكظرية.

وكلا الهرمونين يلعب دوراً هامًا فى المحافظة على الاتزان المائى والكيميائى بالجسم، ويمكن إيضاح ذلك عند قيام شخص ببذل مجهود شاق وعنيف فى جو حار حيث يفقد الشخص كمية كبيرة من العرق، فإذا لم يتم تعويض الماء المفقود فسوف يكون ذلك على حساب حجم الدم، كما سيرتفع الضغط الأسموزى بالدم، وهذا سوف يؤدى إلى تنشيط إفراز الهرمون المضاد لإدرار البول (**ADH**) والذى يصل عن طريق الدم إلى الكليتين، عندئذ تحدث زيادة فى إعادة امتصاص الماء بالكليتين، وبالتالى يقل حجم البول، وهذا يساعد على المحافظة على حجم الدم وأيضًا على الضغط الأسموزى.

وعلى العكس عند شرب كميات كبيرة من الماء سوف يؤدى ذلك إلى زيادة حجم الدم ونقص الأسموزية فى سوائل الجسم، وهنا سوف يقل إفراز الهرمون المضاد لإدرار البول، وبالتالى يقل إعادة امتصاص الماء بالكليتين مما يؤدى إلى زيادة فقد الماء فى البول.

كما أشرنا سابقًا (ص ٢٥١) فإن من أهم وظائف هرمون الألدوستيرون هو الحفاظ على توازن المعادن فى الجسم، وذلك من خلال تنظيم إعادة امتصاص أيونات الصوديوم والكلورين فى الأنيبوبات البولية فى الكلية، وأيضًا عملية إخراج البوتاسيوم بواسطة الكليتين. ومن هنا يمكن القول أن هذين الهرمونين يعملان على الحفاظ على المستوى الصحيح للماء وهذه الأيونات فى الدم.

أيضًا تجدر الإشارة إلى عملية تنظيم مستوى أيونات الكالسيوم فى الدم، حيث إن أى خلل فى الاتزان الداخلى لأيونات الكالسيوم فى الدم يسبب اضطرابا لمعظم الوظائف الحيوية بالجسم، فمثلاً عند نقص مستوى الكالسيوم **hypocalcemia** فى بلازما الدم تحدث انقباضات متتالية فى العضلات الهيكلية **hypocalcemic tetany** والتى تُعرف بحدوث تشنجات فى العضلات الهيكلية **skeletal muscle spasms**، بينما زيادة

مستوى الكالسيوم فى الدم يسبب خلل فى عمل القلب **cardiac arrhthias** كما يؤدى إلى انخفاض فى قابلية الجهاز العصبى - العضلى للاستجابة إلى الإشارات العصبية.

إن تنظيم مستوى أيونات الكالسيوم فى بلازما الدم يتم من خلال عمل ثلاثة هرمونات هى:

١- **هرمون الغدة الجاردرقية Parathyroid hormone.**

٢- **الصورة النشطة من فيتامين (د)**، وهو عبارة عن هرمون استيرودى يسمى ١,٢٥ ثنائى هيدروكسى فيتامين (د) **1.25 dihydroxy vit. D.**

٣- **هرمون الكالسيتونين calcitonin** والذى يفرز من خلايا ج **(C cells)** المنتشرة بين حويصلات الغدة الدرقية فعند انخفاض مستوى الكالسيوم فى الدم فإن كلاً من هرمون الغدة الجار درقية والصورة النشطة من فيتامين (د) يعمل على رفع مستوى الكالسيوم فى الدم وعودته لمستواه الطبيعى. حيث إن هرمون الغدة الجار درقية يعمل على تحلل العظام مما يسبب انتقال الكالسيوم والفوسفات من العظام إلى السوائل خارج الخلايا، كما يساعد هذا الهرمون فى تكوين الصورة النشطة من فيتامين (د) والذى يسبب زيادة امتصاص الكالسيوم فى الأمعاء.

أما عند زيادة مستوى الكالسيوم فى الدم عن المعدل الطبيعى فقد وجد أن إفراز هرمون الغدة الجاردرقية يقل بينما يزيد إفراز هرمون الكالسيتونين الذى يعمل على تخفيض مستوى الكالسيوم فى الدم من خلال تأثيره المباشر على الخلايا الأكولة فى العظام **osteoclasts** لتقليل نشاطها، وعلى ذلك يزداد ترسيب الكالسيوم فى العظام.

رابعاً: تنظيم عمل الجهاز الهضمى

Regulation of digestive system function

تتم عملية تنظيم وظائف الأجزاء المختلفة من القناة الهضمية عن طريق الجهاز العصبى وأيضًا عن طريق هرمونات الهضم (انظر ص ٢٥٦). فمن المعروف أن عملية الهضم تبدأ فى الفم تحت تأثير عصبى، حيث يُفرز اللعاب من الغدد اللعابية تحت تأثير شم أو رؤية الطعام.

وتتحكم أعصاب الجهاز العصبى الذاتى (السمبثاوى والجار سمبثاوى) فى وظائف القناة الهضمية حيث تصلها ألياف عصبية من كلا الجهازين السمبثاوى والجارسمبثاوى (انظر ص ٢٣٦)، فالجهاز العصبى الجار سمبثاوى يسبب زيادة حركة القناة الهضمية وتحفيز إفرازاتها. وتصل ألياف العصب الحائر إلى كل من المرىء والمعدة والبنكرياس

والأمعاء الدقيقة والجزء العلوى من الأمعاء الغليظة، أما الجزء السفلى من الأمعاء الغليظة فيستقبل أليافا عصبية عن طريق الأعصاب الشوكية الجار سمبثاوية فى المنطقة العجزية. أما الإمداد العصبى السمبثاوى للقناة الهضمية فهو يعمل على تقليل حركتها وتثبيط إفرازاتها، من هنا يكون تأثير أحد هذين الجهازين معاكسًا لتأثير الآخر.

كما تجدر الإشارة إلى أن إفراز الهرمونات من الغدد فى الإثنى عشر **duodenal glands** يتم تحفيزها بواسطة العصب الحائر، ويلاحظ أيضًا أن الحركة الدودية للقناة الهضمية **peristalsis** تكون تحت السيطرة العصبية الهرمونية، فمثلاً هناك كثير من الآليات الهرمونية والعصبية التى تحفز الإفراز المعدى gastric secretion هى نفسها التى تسبب زيادة حركة المعدة.

خامساً: الجهاز المناعى والاتزان الداخلى:

The immune system and homeostasis

الجهاز المناعى هو المسئول عن حماية الاتزان الداخلى بجسم الإنسان أو الحيوان بوجه عام (انظر ص ١١١).

ويوجد فى جسم الإنسان أو الحيوان ما يسمى بخطوط الدفاع tines of defense وتقسم هذه الخطوط الدفاعية إلى ثلاثة أنواع هى:

١ - خط الدفاع الأول: The first line of defense

والذى يوجد فى عدة صور وهى:

أ - الجلد **skin**: ويعتبر الجلد خط دفاع أول حيث يحمى الأنسجة الداخلية للجسم من الميكروبات.

ب- **الخلايا الطلائية epithelial cells**: التى تبطن القنوات الهضمية والتنفسية والبولية تعتبر خط دفاع أول لهذه الأجهزة حيث تمنع الجراثيم من مهاجمة الأنسجة التالية لها.

جـ- **بعض من المواد التى يفرزها الجسم** تعتبر أيضًا خط دفاع أول مثل حامض الهيدروكلوريك الذى يفرز فى العصارة المعدية ويقتل كثيرًا من البكتريا، كما يحتوى اللعاب والدموع على بعض الإنزيمات التى تؤثر على البكتريا وتقتلها، وكذلك العرق الذى يوقف نمو البكتريا على الجلد.

٢- خط الدفاع الثانى: The second line of defense

يتعامل هذا الخط عند اختراق الميكروب أو الفيروس خط الدفاع الأول، لذا يبدأ الجسم الاستجابة الدفاعية ضد الميكروب والتى يطلق عليها الاستجابة للالتهاب

inflammatory response، فعند حدوث جرح فى نسيج ما فى الجسم ودخول البكتريا من خلاله فعندئذ تقوم الخلايا الأكولة **macrophages** وكريات الدم البيضاء المتعادلة neutrophils بمهاجمة هذه البكتريا ومحاولة القضاء عليها، كما تفرز الخلايا المصابة مادة الهستامين **histamine** مما يسبب زيادة توارد الدم إلى النسيج المصاب واحمراره وارتفاع درجة حرارته، ومن هنا فإن الاستجابة المناعية تتميز بارتفاع درجة حرارة الجسم وظهور ورم وألم فى الجزء المصاب.

أيضًا من مظاهر الحماية التى يقوم بها خط الدفاع الثانى للتغلب على الميكروبات التى تهاجم الجسم هو إفراز مواد كيميائية منها:

أ - المواد الكيميائية المسببة للحمى **Pyrogens** وهى تفرز من الخلايا الأكولة والتى هاجمت الميكروب، حيث تصل هذه المواد الكيميائية إلى منطقة تحت المهاد **hypothalamus** وهى المنطقة المسئولة فى المخ عن تنظيم درجة حرارة الجسم، كما أن ارتفاع درجة حرارة الجسم يؤدى إلى زيادة معدل عمليات الأيض **metabolism**، وهذا يساعد فى شفاء الشخص المصاب.

ب- مركبات الإنترفيرونات **interferons** وهى عبارة عن مركبات بروتينية تقوم بإفرازها الخلايا المصابة بالفيروسات، وهذه الإنترفيرونات ترتبط بمستقبلات خاصة بها على أسطح الخلايا غير المصابة مما يساعد هذه الخلايا على تصنيع إنزيمات تعمل على تقطيع وهدم الحامض النووى الريبوزى المرسال (**mRNA**) الفيروسى مما يمنع انتشار الفيروسات.

٣- خط الدفاع الثالث: The third line of defense

المقصود بخط الدفاع الثالث هو اشتراك جميع خلايا الجهاز المناعى **the immune system** فى الدفاع عن الجسم. والجهاز المناعى كما ذكرنا سابقًا (ص ١١١) لا يشتمل على أعضاء **organs** مثل باقى أجهزة الجسم ولكنه جهاز وظيفى يتكون من بلايين عديدة من الخلايا التى تقاوم الأجسام الغريبة التى تهاجم الجسم، ومن هنا يعتبر الجهاز المناعى أحد أهم آليات الاتزان الداخلى حيث يقاوم أى أجسام غريبة اخترقت خط الدفاع الأول والثانى بالجسم.

وفيما يلى ملخص لأنواع خلايا الجهاز المناعى فى الجسم:

أ - خلايا لها المقدرة على مهاجمة الميكروبات عن طريق الالتهام أو الابتلاع **phagocytosis** مثل كريات الدم البيضاء وحيدة النواة **monocytes** والخلايا

الأكولة **macrophages** فى الأنسجة الضامة. هذا بالإضافة إلى خلايا أخرى توجد فى أعضاء خاصة فى الجسم مثل الخلايا الموجودة فى الكبد والتى تسمى خلايا كُبفر **Kupffer cells**، وأيضًا خلايا أخرى فى الطحال والعقد الليمفاوية والرئتين وخلايا الغراء العصبى الصغيرة **microglia** فى الدماغ.

ب- كريات الدم البيضاء الليمفية **lymphocytes** حيث تؤدى دورًا هامًا ضد مسببات الأمراض. إن معظم كريات الدم البيضاء اللمفية تتكون فى نخاع العظم وتستقر فى الغدة الثيموسية **thymus gland** حيث تبدأ فى الانقسام لتكوين سلالات جديدة، ولذا تسمى الكريات الليمفية التائية **T lymphocytes**، وكثير من هذه الكريات تترك الغدة الثيموسية بعد اكتمال نضجها لتستقر فى أعضاء أخرى مثل الطحال والعقد الليمفية ويُطلق عليها اسم الكريات الليمفية البائية **B lymphocytes**. وكما أشرنا سابقًا (ص ١١٢) فكلا النوعين من الكريات الليمفية يؤدى وظيفة هامة فى المناعة المكتسبة، فالكريات الليمفية التائية لها مقدرة على التعرف على الأجسام الغريبة أو الخلايا غير الطبيعية فى الجسم وتهاجمها وتقوم بتحطيمها، وهذا ما يعرف باسم المناعة الخلوية **cell-mediated immunity** أما الكريات الليمفية البائية فلها مقدرة على مهاجمة البكتريا وبعض الفيروسات، وذلك بواسطة تكوين أجسام مضادة **antibodies** تختلط مع سائل الدم أو الليمف؛ ولذا يسمى هذا النوع من المناعة مناعة خلطية **humoral immunity**.

سادسًا: تنظيم درجة الحرارة: Temperature regulation

من الخصائص الأساسية التى يجب الحفاظ عليها فى الوسط الداخلى للكائن الحى - تنظيم درجة حرارة الجسم، حيث إن جميع التفاعلات البيوكيميائية فى الجسم تتأثر بدرجة حرارة الوسط الداخلى، وذلك لتأثير درجة الحرارة على نشاط الإنزيمات. فعندما تنخفض درجة حرارة الجسم انخفاضًا ملحوظًا فإن معدل العمليات المرتبطة بالأيض ينخفض، وبالتالى تقل كمية الطاقة المطلوبة لعمل الأجهزة المختلفة، وعند ذلك يقل نشاط الكائن. أيضًا عند ارتفاع درجة حرارة الجسم بدرجة كبيرة فإن هذا سوف يؤثر على كل التفاعلات الكيميائية نتيجة تأثر الإنزيمات بارتفاع درجة حرارة الجسم.

وهنا تجدر الإشارة إلى أن درجة حرارة الجسم هى انعكاس لتوازن ما بين الحرارة المكتسبة والحرارة المفقودة وأن جميع الحيوانات تحصل على الحرارة من خلال عمليات أيض المواد الغذائية بواسطة خلايا الجسم ومن امتصاص الحرارة من أشعة الشمس. وتقسم الحيوانات إلى مجموعتين، إحداهما تسمى حيوانات خارجية المصدر الحرارى **ectothermic** حيث تنتقل الحرارة بمجرد إنتاجها من عمليات الأيض إلى البيئة

المحيطة؛ ولذا فإن درجة حرارة الجسم لهذه المجموعة من الحيوانات تتحدد بواسطة البيئة المحيطة. بينما حيوانات المجموعة الأخرى يُطلق عليها داخلية المصدر الحرارى **endothermic** حيث تحتفظ هذه الحيوانات بكمية من الطاقة التى تنتجها لرفع درجة حرارة الجسم.

• الحفاظ على درجة حرارة الجسم فى الحيوانات خارجية المصدر الحرارى:

إن الحيوانات الخارجية المصدر الحرارى تستطيع إلى حد كبير الحفاظ على درجة الحرارة سواء عن طريق بعض الأنماط السلوكية. فمثلاً عند تعرضها لأشعة الشمس وارتفاع درجة حرارة البيئة، ولكى تحافظ على درجة حرارة جسمها ثابتة تختفى فى مخابئها. أيضًا تستطيع هذه الحيوانات ضبط معدل عمليات الأيض حتى لو كانت درجة الحرارة الخارجية غير ملائمة.

• تنظيم درجة الحرارة فى الحيوانات داخلية المصدر الحرارى:

الحيوانات داخلية المصدر الحرارى (مثل الطيور والثدييات) لها مقدرة على الاحتفاظ بدرجة حرارة الجسم وهذا يرجع إلى عدة أسباب وهى:

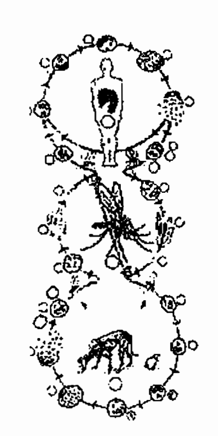
١- قدرة أنسجة الجسم عند هذه الحيوانات على توليد كمية كبيرة من الطاقة فى الجو البارد بينما تقل كمية الطاقة فى الجو الحار. وكما أشرنا سابقًا فإن إنتاج الطاقة يتم بواسطة أكسدة المواد الغذائية خلال عمليات الأيض وأيضًا أثناء الانقباضات العضلية، بينما يمكن أن تفقد هذه الحيوانات الحرارة بواسطة الإشعاع **radiation** والتوصيل **conduction** ومن هنا فعند التعرض لانخفاض درجة حرارة الجو تستطيع هذه المجموعة من الحيوانات زيادة النشاط العضلى وزيادة معدل التمثيل الغذائى مع تقليل فقدان الحرارة، وهذا عكس ما يتم عند ارتفاع درجة الحرارة فى البيئة المحيطة بالحيوان، حيث يستطيع الجسم فى هذه الحالة الإقلال من إنتاج الطاقة وأن يزيد من معدل فقد الحرارة.

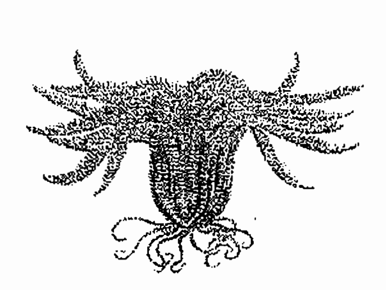
٢- تمتلك الحيوانات داخلية المصدر الحرارى أيضًا عدة وسائل للتحكم فى كمية الحرارة المفقودة للمحيط الخارجى منها الإشعاع والتوصيل والبخر. وعندما يكون هناك تساوى بين الحرارة الناتجة من خلايا الجسم عن طريق الأيض وبين الحرارة المفقودة للوسط المحيط فإن ذلك يعرف بالتوازن الحرارى **heat balance** وعند اختلال هذا التوازن تنخفض درجة حرارة الجسم عن المعدل الطبيعى ويُطلق عليها **hypothermia** (انخفاض الحرارة)، أو قد ترتفع درجة الحرارة عن المعدل وتعرف برفع الحرارة **hyperthermia**.

٣- أيضًا توجد آليات فسيولوجية لتنظيم درجة حرارة الجسم مثل الرعشة **shivering** والعرق **sweating**، فعند انخفاض درجة حرارة الوسط المحيط فإن الجسم يعمل على إنتاج كمية إضافية من الطاقة، وذلك بالانقباضات العضلية غير الإرادية والتى تُعرف بالرعشة، بينما مع ارتفاع درجة حرارة الوسط المحيط فإن الجسم يستطيع التخلص من الطاقة الزائدة الناتجة من عمليات الأيض وذلك بزيادة إفراز العرق والذى بتبخره يؤدى إلى التخلص من الحرارة الزائدة.

وهذه الآليات الفسيولوجية تتم تحت سيطرة الجهاز العصبى اللا إرادى **autonomic nervous system** (انظر ص ٢٣٣) من خلال مراكز تعمل على تنظيم درجة حرارة الجسم. وهذه المراكز توجد فى منطقة تحت المهاد **hypothalamus** فى الدماغ الأمامى. فعند تعرض الجسم إلى درجات حرارة منخفضة (مثل البرد الشديد) يُرسل مركز فى منطقة تحت المهاد إشارات عصبية للعضلات والتى تقوم بالانقباضات اللاإرادية السريعة (الرعشة).. أما عند تعرض الجسم لدرجات حرارة مرتفعة (مثل الحر الشديد) تكون هناك حاجة للتخلص من الحرارة الزائدة؛ ولذلك يُرسل مركز تحت المهاد إشارات عصبية إلى الغدد العرقية فى الجلد لكى تزيد من إفراز العرق.

ومن الثابت أن مركز التنظيم الحرارى فى منطقة تحت المهاد يتأثر بأى تغير فى درجة حرارة الدم، بالإضافة لوجود مستقبلات حسية منتشرة فى الجلد بعضها يتأثر بالبرودة والبعض الآخر يتأثر بارتفاع الحرارة؛ ولذلك فعند تغير درجة حرارة الجو تُرسل إشارات عصبية من خلال آلياف عصبية حسية متصلة بمستقبلات الحرارة فى الجلد إلى مركز التنظيم الحرارى بمنطقة تحت المهاد، والذى يُرسل بدوره إشارات عصبية إما إلى العضلات الهيكلية أو إلى الغدد العرقية لكل يتم تنظيم درجة حرارة الجسم.

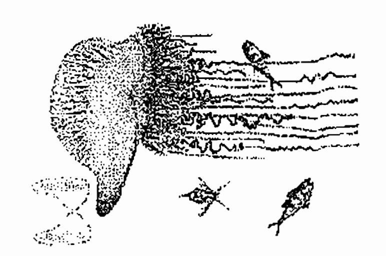


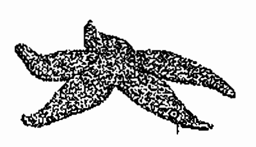


الباب الرابع

اللافقاريات

الفصل الرابع عشر :	الأقسام الرئيسية للمملكة الحيوانية
الفصل الخامس عشر :	الميتازوا (البعديات)
الفصل السادس عشر :	البعديات الحقيقية
الفصل السابع عشر :	الحيوانات ذات التماثل الجانبي
الفصل الثامن عشر :	السيلوميات الكاذبة
الفصل التاسع عشر :	السيلوميات الحقيقية
الفصل العشرون :	شعبة مفصليات الأرجل
الفصل الحادي والعشرون :	شعبة الرخويات، شعبة شوكيات الجلد





الفصل الرابع عشر

الأقسام الرئيسية للمملكة الحيوانية

MAJOR DIVISIONS OF THE ANIMAL KINGDOM

تعتبر الشعبة **(Phylum)** هى الوحدة التصنيفية الرئيسية. ومع ذلك اعتاد علماء علم الأحياء تجميع بعض الشعب إلى أقسام أكبر على أساس الصفات الجنينية والتشريحية والتى تُظهر الأنساب التطورية للشعب المختلفة، . وفى الماضى صنف علماء الحيوان البروتوزوا (الأوليات **PROTOZOA**) كتحت مملكة فى المملكة الحيوانية، والتى تنتمى إليها جميع شعب الأحياء وحيدة الخلايا، وكان مصطلح البروتوزوا **PROTOZOA** مرادفا للميتازوا (**METAZOA** البعديات) والتى تشمل العديد من الشعب. ولكن فى التقسيم الحديث والذى بُنىَّ على أساس دراسات حديثه لا تُعْتبر حاليا الأوليات مجموعة تصنيفة تنتمى للمملكة الحيوانية، ولكنها صنفت تحت مملكة البروتستا **PROTISTA** لذلك تشمل مجاميع المستويات الأعلى لشعب الحيوانات الحقيقية الآتى:

فرع (أ): الميزوزوا MESOZOA، وتشمل شعبة ميزوزوا MESOZOA.

فرع (ب): البارازوا PARAZOA، وتشمل شعبتى المثقبات PORIFERA والبلاكوزوا PLACOZOA.

فرع (ج): الأيوميتازوا (البعديات الحقيقية) EUMETAZOA وتشمل كل الشعب الحيوانية الباقية التى تقع فى:

مرتبة (أ): الشعاعيات RADIATA وتشمل شعبتى اللاسعات (CNIDARIA) والمشطيات (CTENOPHORA).

مرتبة (ب): ذات التماثل الجانبى (متماثلة الجوانب) BILATERIA وتشمل كل الشعب الأخرى والتى سنشير إلى أهمها:

قسم (أ): أوليات الفم **PROTOSTOMIA**.

١ ـ اللاسيلوميات **ACOELOMATA**: وتشمل شعبتى الديدان المفلطحة **PLATYHELMINTHES**، والخرطومية **NEMERTEA**.

أسس التمييز بين أجسام الحيوانات ذات التماثل الجانبي

(HICKMAN *ET AL* 1993المصدر)

Deuterstomes ثانويات الفم	Protostomes أوليات الفم
تفلج شعاعى Radial cleavage التفلج غالبا شعاعى	التفلج غالبا حلزونى Spiral cleavage
ينشأ الأندوميزودرم من جيوب معوية (ما عدا فى الحبليات). Endomesoderm from pouches from primitive gut	ينشأ الميزودرم عادة من خلية معينة (blastomere يرمز لها بـ 4d) Cell from which mesoderm will derive 4d الخلية التى ينشأ منها الميزودرم
يتكون السيلوم فى كل السيلوميات باندماج الجيوب المعدية (ما عدا الحبليات فهى شقية السيلوم) السيلوم Coelom الميزودرم Mesoderm المعى الأول Primitive gut ثقب البلاستولة Blastopore	المعى الأول Primitive gut الميزودرم Mesoderm السيلوم Coelom ثقب البلاستولة Blastopore يتكون السيلوم فى السيلوميات أولية الفم كشق فى الشرائط الميزودرمية.
ينشأ الاست عند أو بالقرب من ثقب البلاستولة. أما الفم فهو تكوين جديد. التكوين الجنينى غير محدد يشمل شعب: شوكيات الجلد، النصفحبليات، والفكشوكيات، والفورونيدا، وخارجيات الشرج، وذراعيات الأقدام والحبليات.	ينشأ الفم عند أو بالقرب من ثقب البلاستولة. أما الاست فيظهر كتكوين جديد. التكوين الجنينى غالبا محدد (فسيفسائى). تشمل شعب: الديدان المفلطحة والديدان الخرطومية (لاسيلوميات) والحلقيات والرخويات والمفصليات وبعض الشعب الصغيرة (سيلوميات).
الفم Mouth الاست فتحة الشرج Anus	(الاست) فتحة الشرج Anus ديدان حلقية (دودة الأرض) Annelid (earthworm) الفم Mouth

(٢) السيلوميات الكاذبة **PSEUDOCOELOMATA** وتشمل شعب: العجليات (الدورات) **ROTIFERA**؛ شوكيات البطن **GASTROTRICHA**؛ الكينورنكا **KINORHYNCHA**، فكيات الفم **GNATHOSTOMULIDA**؛ الديدان الأسطوانية **NEMATODA** الرأسشوكيات **ACANTHOCEPHALA**؛ وداخليات الشرج **ENTOPROCTA**.

٣ ـ السيلوميات الحقيقية **EUCOELOMATA**: وتشمل شعب الرخويات**MOLLUSCA**؛ الحلقيات **ANNELIDA**، مفصليات الأرجل **ARTHROPODA**؛ بريابيوليدا **PRIAPULIDA** الأكيوريدات **ECHIURIDA**؛ سيبنيكوليدا **SIPUNCULIDA**؛ تارديجرادا **TARDIGRADA**؛ خماسيات الفم **PENTASTOMIDA**؛ مخلبيات الأقدام **ONYCHOPHORA** فورونيدا **PHO-RONIDA**؛ خارجية الشرج **ECTOPROCTA**، وذراعيات الأقدام **BRAN-CHIOPODA**.

قسم ب (ثانوية الفم **DEUTEROSTOMIA** ـ الصفات المميزة فى جدول رقم (٤ ـ ١).

وتشمل شعب شوكيات الجلد **ECHINODERMATA**، شوكيات الفكوك **CHAETOGNATHA** النصفحبليات **HEMICHORDATA**، والحبليات **CHORDATA**.

لقد قُسّمت الحيوانات ذات التماثل الجانبى إلى أوليات وثانويات الفم، على أساس تكوينها الجنيني (جدول ٤ ـ ١)، ولكن هناك بعض الشعب التي يصعب وصفها فى أحد هذين القسمين؛ لأن لها بعض الصفات المميزة لكل قسم.

مملكة البروتستا

KINGDOM PROTISTA

PROTOZOA الأوليات

تشمل مملكة البروتستا الأوليات وهى مجموعة من الكائنات الميكروسكوبية التى تشترك فى صفة واحدة فى أنها حيوانات لاخلوية تؤدى جميع وظائف الكائن الحى. وهى ذات أنوية حقيقية **eukaryotes**.

ولمدة حوالى ٢ مليون عام كانت الكائنات الحية على الأرض لاخلوية ولا تحتوى على أنوية حقيقية، ومنذ ١,٨ مليون عام ظهر أول كائن حى ذو نواة حقيقية، وتُعتبر

الأوليات هي خلائف هذه الحـيوانات، وهى أحياء لاخلوية تقوم بجمـيع وظائف الحياة الحيوية التى تؤديها الحيوانات عديدة الخلايا. وتعتبـر التسمية أنها حيوانات وحيدة الخلية **unicellular** تسمـية غير دقـيقة. فـالحيوان الأولى يتكون من كـتلة بروتوبلازمية غـير مقسمة إلى خلايا وتحتوى على عضيات تقوم بجميع وظائف الحياة، وقد تكون عضياتها المختلفـة أكثر تخـصصا من تلك التى لخـلايا الكائنات عديدة الخلايا. فـقد تكون هناك عضيـات خاصة تؤدى وظيفة الهيكل، وتراكـيب حسية وميكانيكيـات للتوصيل؛ لذلك أطلق عليها العالم هيمان **(Hyman 1940)** الحيوانات اللاخلوية **acellular**. إذ كثيرا ما تضاهى بعض عضيات الأوليات أعضاء البعديات.

وللأوليات أشكال متعددة، وتراكيب معقدة، وهى مهيأة للمعيشة فى جميع أنواع البيئات حيثـما توجد الحياة ورغما من الانتشار الواسع للأوليات، فـإن كثيرًا من أنواعها يمكنها أن تعـيش فى مدى بيئى ضيق. إذ تخـتلف تكيفات الأنواع المختلفـة، فقد يكون هناك تتابع للأنواع مصاحب التـغير فى الظروف البيئية. وتتـسبب هذه التغيرات بواسطة العوامل البيـئية مثل جفـاف بركة أو تغيرات فصليـة حرارية أو تغييرات بيـولوچية مثل ضغط المفترسات.

وتوجد الأوليات فى الماء العذب والمالح والمائل للملوحـة والتربة، والبعض يعيش متطفلا ويسبب الكثير من الأمراض مثل الملاريا والتريبونوسوما وغيرها. أو قد تعيش مع غيرها من الحيوانات والنبـاتات معيشة تكافلية حيث يتم تبادل المنفـعة. والأوليات تحتاج للرطوبة سواء كـانت تعيش فى البيـئات المائية بأنواعـها أو التربة أو فى المواد العـضوية المتحللة أو النباتات والحيوانات.

وتوجد الأوليات عادة فـرادى جالسة أو حرة سباحة حيث تُكون جـزءا مهما من العوالق (الهـائمات) **plankton**، ومع ذلك توجـد بعض الأوليات فى مسـتعـمرات أو تجمعات تشبه المستعمرات. وقد تُظْهر بعض المستعمرات تعقيدًا فى تركيبها ووظيفتها مثل مسـتعـمرة الفـولفكس *Volvox* (شكل ٤ ـ ٥) ومن الملاحظ أن بعض مـسـتـعـمـرات الأوليات تمر فى طور عديد الخلايا خلال تاريخ حياتها، مما يجعلنا نتساءل: لماذا لا تُعتبر هذه الأوليات من البعـديات؟ ولكن قد يكمن السبب فى أن لها أقـرباء وثيقى الصلة لا تُكون مستعمـرات، كما أن ليس لها أكثر من نوع واحد من الخلايا غـير التكاثرية، كما أنها لا تمر خلال نشأة جنينية وكلها صفات هامة للبعديات **Metazoa**.

وتلعب الأوليات دورًا هاما فى اقـتصاديات الطبيعة. فأعـداد هائلة منها ساهمت فى تكوين الرواسب الضـخمة لقاع المحـيطات والتربة. ويوجـد ما يربو على ١٠ آلاف نوع تعيش معيـشة تكافلية مع نبات أو حيوان، أو حتى مع حيـوانات أولية أخرى. وقد

تكون العلاقة تبادل منفعة **mutualism** (حيث يستفيد كل الشركاء)، أو معيشة تكافلية **commensalism** (حيث يستفيد أحد الشركاء دون أن يؤثر على الآخر)، أو معيشة طفيلية **parasitic** (حيث يستفيد أحد الشركاء على حساب الشريك الآخر). وتجدر الإشارة إلى أن كثيرا من الأمراض الخطيرة التى تصيب الإنسان والحيوان والنبات تسببها الأوليات.

الحجم

الأوليات عادة صغيرة الحجم حتى أن البعض منها مثل طفيلى الملاريا يشغل ١/٢ أو ١/٥ حجم الكرية الدموية الحمراء فى الإنسان. ولكن قد يكون الحيوان الأولى كبيرا ويمكن رؤيته بالعين المجردة إذ قد يصل طوله إلى عدة مليمترات (٣ ـ ٤,٥ مم مثل سبيروستوميم ***Spirostmum***). أما الأنواع التى تُكَوِن مستعمرات فقد تكون أكبر من ذلك. كما يصل طول الحيوان الجرثومى الجرجارنويد بوروسبورا جينكنتيكا ***Porospora gigantica*** حوالى ١٦ مليمترا، وقد يصل عرض بعض المثقبات مثل بعض أنواع النيموليت **nummulite** حتى ١٩ سنتيمترا فى القطر. وقد يصل طول بعض أنواع الأميبا الضخمة ***Chaos carolinense*** إلى ٥ مليمتر (لوحة رقم ٤ ـ ٢).

الشكل

يمكن أن تتخذ الأوليات جميع أنماط الأشكال. فالأميبا (شكل ٤ ـ ١٢) ليس لها شكل معين، وبعض الأنواع لها شكل مميز. وأحيانا يتوقف الشكل على طريقة معيشة الحيوان الأولى. فأنواع الأوليات الهائمة مثل الأوليات الشمسية **Heliozoa** تكون كروية الشكل (٤ ـ ٢٠و). والأنواع السابحة مثل الكثير من السوطيات والهدبيات تكون مستطيلة ذات طرف أمامى وآخر خلفى. (شكل ٤ ـ ١، ٢٧). أما الأنواع الزاحفة فعادة تكون مبططة ولها سطح ظهرى وآخر بطنى، أما الأنواع المثبتة على مرتكز ما فقط يكون ذلك مباشرة أو بواسطة ساق (شكل ٤ ـ ١٠، ٣٦ب).

التركيب

يُحيط جسم الأوليات غشاء حى رقيق قد يكون مرنًا أو يميل للصلابة، وأحيانا يحيط الجسم جدار غير حى أو قشرة (صدفه) (شكل ٤ ـ ٢١, ٢٢، ٢٣ لوحة رقم ٤ ـ ٣) والذى قد يكون چيلاتينا أو سليلوزيا أو سيليكيا على هيئة صدفة تتركب من مركبات عضوية أو غير عضوية (مثل الكالسيوم والسيليكا أو حبيبات غريبة).

وأحيانا يتميز السيتوبلازم أسفل الغشاء الخلوى إلى طبقة خارجية چيلاتينية من الإكتوبلازم **ectoplasm**، يليها طبقة أكثر سيولة هى الإندوبلازم **endoplasm**، وكلتا

الحالتين تمثلان الحالة الغروية للسيتوبلازم وهى حالة انعكاسية أى يمكن التغير من حالة لأخرى وبالعكس. ويحتوى الإندوبلازم على عضيات الخلية التى توجد فى خلايا الحيوانات عديدة الخلايا، وتشمل الشبكة الإندوبلازمية والميتوكوندريا، وأجهزة جولجى والليسوسومات وحويصلات عديدة، كما يوجد إضافة إلى ذلك، فى السوطيات النباتية البلاستيدات الخضراء التى تقوم بعملية البناء الضوئى.

وتوجد عادة نواة واحدة وهى عادة حويصلية الشكل تحتوى على النيكليوبلازم. وتُحمل المادة الوراثية (الدنا **DNA**) على الكروموسومات. وفيما عدا خلال الانقسام الخلوى فإن الكروموسومات لا توجد بشكل مكثف يمكن تمييزه. وقد تتوزع المادة الكروماتنية حول محيط النواة أو داخليا فى أنماط مختلفة. وفى بعض السوطيات يمكن مشاهدة الكروموسومات خلال المرحلة البينية **interphase**، كما تبدو خلال المرحلة التمهيدية للانقسام غير المباشر. وتحتوى النواة على واحد أو أكثر من الأجسام الداخلية **endosomes** (شكل ٤ ـ ١٩). وهى نويات تبقى كأجسام محددة خلال عملية الانقسام غير المباشر، وهى مميزة فى السوطيات النباتية والأميبات الطفيلية (شكل ٤ ـ ٢، ١٧، ١٨) والتريبانوسوما. وقد تكون النواة حويصلية الشكل تحتوى على كمية كبيرة من النيكليوبلازم، أو قد تكون صغيرة وكثيفة لاحتوائها على مادة كروماتينية كثيفة. وتتميز الهدبيات بوجود نواتين حيث تختص النواة الكبيرة بالوظائف الخضرية، والنواة الصغيرة بالوظائف التكاثرية. ولكن يوجد الكثير من الأوليات التى تحتوى على نواتين أو تكون عديدة الأنوية (لوحة رقم ٤ ـ ١).

الحركة

عضيات الحركة فى الأوليات متباينة فقد تتحرك بالسريان البروتوبلازمى أو ما يسمى بالأقدام الكاذبة كما فى الأميبا، أو قد تستخدم الأسواط فى حركتها كما فى السوطيات، أو بواسطة الأهداب (كما فى الهدبيات). والجدير بالذكر أنه لا يوجد أى اختلافات مورفولوجية أو تركيبية بين السوط والهدب، وعادة ما يكون السوط أطول من الهدب، وهذا حدا بالعلماء إطلاق اسم ذات الأقدام المتموجة **Undulipedia** (قدم = **Gr .podos = foot** متموج = **L. dim of unda = waver**) على السوطيات والهدبيات. فالهدب يدفع الماء بمحاذاة السطح الذى يلتصق بالهدب، بينما يدفع السوط الماء موازيا للمحور الرئيسى للسوط.

وبعض الأوليات ليست لها عضيات معينة تتحرك بها، أو قد تتحرك بالانزلاق أو الزحف على المرتكز، أو أن يحملها العائل من مكان لآخر. وأعضاء الحركة للأوليات من الأسس التى يُعتمد عليها فى تصنيف هذه الأحياء.

طريقة الحياة والتغذية

لقد سُجِّل ما يربو على ١٠ آلاف نوع من الأوليات، حوالى نصفها من الحفريات. وحوالى ٧٠٪ من الأوليات الحية تكون حرة المعيشة أو تسبح حرة حيث تعيش في المياه العذبة والمالحة وقليلة الملوحة والتربة والمواد العضوية المتحللة وغيرها. ويوجد ٣ أنواع رئيسية من التغذية:

١ ـ **تغذية ذاتية phototrophic**، حيث يُمكن للكائن الأولى من تصنيع محتوياته العضوية من مواد غير عضوية، إذ تُستخدم البلاستيدات الخضراء في وجود الطاقة الضوئية في عملية البناء الضوئي **photosynthesis**.

٢ ـ **تغذية حيوانية heterotrophic - phagotrophic** حيث يتغذى الحيوان الأولى بابتلاع جزيئات الحيوان الصلبة أو غيرها من الأحياء مثل البكتريا والخميرة والطحالب والأنواع الأخرى من الأوليات.

٣ ـ **تغذية رمية osmotrophic - saprozoic** وفيها يتم الغذاء بانتشار المواد العضوية الذائبة خلال أجسامها بعملية الانتشار.

وقد يتغذى الحيوان الأولى بأكثر من طريقة مثل اليوجلينا التى تتغذى تغذية نباتية في وجود الضوء، أو تغذية رمية عند وجودها فى الظلام فى وسط غنى بالمواد العضوية ويُطلق على هذا النوع من التغذية: التغذية المختلطة **mirotrophic**.

التغذية

بمجرد دخول الطعام داخل جسم الحيوان الأولى حيوانى التغذية يُحاط بفجوة غذائية حيث يحدث فيها الهضم باتحادها مع الليسوسومات التى تحتوى على الأنزيمات الهاضمة، ولقد لوحظ تغير فى درجة تركيز أيون الأيدروجين خلال عملية الهضم، حيث تكون الفجوة الغذائية فى أول الأمر صغيرة وحامضية التفاعل مما يساعد على قتل الكائنات الحية التى سيتغذى عليها الحيوان الأولى، ثم يصير التفاعل قلويا حيث تتم عمليات الهضم. وبعد امتصاص نواتج الهضم من خلال الفجوة الغذائية، تُطْرد الفضلات من خلال الغشاء الخلوى الذى تتصل به ثم تُطْرد الفضلات للخارج. وقد يكون ذلك من أى مكان على الغشاء الخلوى كما فى الأميبات أو يكون من منطقة محددة هى الاست الخلوى كما فى الحيوان الهدبى برامسيوم.

وغالبا ما تحدث البلعمة **phagocytosis** فى الأميبيات فى أى نقطة باحتواء إحدى حبيبات الطعام بواسطة الأقدام الكاذبة، ولكن يجب أن تُبتلع الحبيبات الغذائية

خلال فتحة القشرة أو الصدفة في الأميبيات ذات القشرة. وقد يكون لبعض السوطيات فم مؤقت يتكون فى مكان مميز، وفى معظم الهدبيات وبعض السوطيات يكون مكان البلعمة فيها محددا هو الفم الخلوى **cytostome**، وللكثير من الهدبيات تركيب مميز لطرد الطعام غير المهضوم هو الاست الخلوى **cytoproct** الذى يوجد فى مكان محدد (٤- ٢٧).

وتتم التغذية الرمية **saprozoic** بالارتشاف الخلوى **pinocytosis** أو بالانتقال المباشر غير الغشاء الخلوى، وذلك أما يكون بالانتشار الميسر **facilatated transport** أو الانتقال النشط **active transport** وعلى وجه الخصوص فى الأوليات المتعايشة داخليا.

التنفس

يتم التنفس فى الأوليات بانتشار الغازات التنفسية خلال الغشاء الخلوى. ولكن بعض الأوليات التى تعيش فى ماء غنى بالمواد العضوية المتحللة أو تلك التى تعيش متطفلة فى القناة الهضمية للحيوانات الأخرى، أو توجد فى وسط به كمية قليلة من الأكسجين تتنفس لاهوائيا. وثمة بعض الأنواع التى تتنفس هوائيا فى وجود الأكسجين، ولكن يمكنها أن تتنفس لاهوائيا فى غيابه.

التنظيم الأزموزى

تتميز الكثير من الأوليات بوجود فجوات متقبضة **contractile vacuoles** التى تعمل كعضيات التنظيم الأزموزى، حيث تضخ الماء الزائد من السيتوبلازم إذ يدخل الماء من خلال الغشاء الخلوى وخاصة فى الأنواع التى تعيش فى الماء العذب، أو يدخل مع الغذاء خلال فم الخلية فى الأنواع التى بها فم خلوى، وكذلك نتيجة لعمليات الأيض؛ لذلك يُلاحظ أن الفراغات المتقبضة تنقبض بانتظام لطرد السوائل التى بداخلها، وتكون أكثر نشاطا فى الأوليات التى تعيش فى المياه العذبة. ومع ذلك فقد لا توجد فى بعض الأنواع مثل البوليمكسا *Pelomyxa* رغم أنها تعيش فى المياه العذبة. وعادة تخلو الأنواع التى تعيش فى الماء المالح من الفجوات المتقبضة، وإن وجدت فيكون معدل تفريغها بطيئا حيث يكون الضغط الأزموزى للوسط الخارجي يماثل تقريبا ذلك الذى للحيوان الأولى. وبوجه عام فإن الأنواع التى تنتمى إلى شعبة الابيكومبلكسا (البوغيات) وكلها متطفلة، كذلك الأنواع المتطفلة الأخرى تخلو من الفجوة المتقبضة.

الإخراج

تنتشر المواد الإخراجية الناتجة عن عمليات الأيض خلال الغشاء الخلوى للخارج. وتُعتبر الأمونيا هى المادة الأزوتية الرئيسية، وتتوقف كمية المادة المخرجة على مقدار المواد البروتينية المستخدمة.

الحساسية

لقد كان هناك اعتقاد بأن الأوليات لا يوجد لها جهاز حسي متخصص، ولكن وُجد في الكثير من الهدبيات ما يطلق عليها الجهاز الحسي العصبي. والذي يتكون أساسا من ليفات إكتوبلازمية طويلة تصل الأجسام القاعدية للأهداب. وقد وُجد أن هذه الليفات هي التي تعمل على تآزر الأهداب وكذلك النشاط العام للحيوان الهدبي مثل التغذية. والأوليات تستجيب بالحركة أو تنجذب أو تبتعد نحو العوامل البيئية المختلفة من الغذاء، والتلامس، والحرارة والضوء والكيمياويات وغيرها. والجدير بالذكر وجود عضى خاص يستقبل الضوء في بعض السوطيات وينجذب نحو الضوء الضعيف.

التكاثر

تتميز الأوليات بأنواع كثيرة من التكاثر منها:

١- التكاثر اللاجنسى

يحدث في كل الأوليات وقد يكون هو الطريقة الوحيدة للتكاثر. وفي هذه العملية قد تنقسم النواة بطريقة الانقسام غير الفتيلي البسيط (أو ربما بطريقة متحورة من الانقسام الفتيلي) كما يحدث في النواة الكبيرة للهدبيات، أو الانقسام الفتيلي (غير المباشر) كما هو الحال في النواة الصغيرة للهدبيات وغيرها من الأوليات، وبعد انقسام النواة ينقسم السيتولازم إما :

أ- **بالانشطار الثنائي binary fission** وهو الأكثر شيوعا والذي قد يكون طوليا (شكل ٤-٤، ٧) أو مائلا أو عرضيا (شكل ٤-٣٤) وتكون النتيجة فردين متماثلين، أو **(ب) بالتبرعم budding** حيث يكون الانقسام السيتوبلازمي غير متساو ويؤدى إلى تكوين براعم خارجية أو داخلية، وتكون الخلية الابنة أصغر من الخلية الأم أو **(ج) الانقسام المضاعف multiple fission** حيث تنقسم النواة بمعدل أسرع من الانقسام السيتوبلازمي، وقد تؤدى هذه الطريقة إلى تكوين جسم مؤقت متضاعف الأنوية كما يحدث في أنتاميبا هستوليتيكا (شكل ٤ - ١٧) أو أنتاميبا كولاى (شكل ٤ ـ ١٨). وأحيانا لا تنفصل الأفراد الناتجة ويؤدى إلى تكوين وريدة معا كما يحدث في التريبانوسوما، **(د) الانشطار العديد أو الانشقاق merogony, schizogony** . وهي عملية تتميز بها الجرثوميات **Sporozoa**، فهي نوع من الانقسام المضاعف بالتبرعم أكثر منه بالانقسام المضاعف. وتتضمن الانقسام غير المباشر للنواة إلى العديد من الأنوية التي تترتب عند محيط الحيوان الأولي، ثم تُحاط كل خلية ناتجة ببرعم سيتوبلازمي، وبهذه الطريقة يتكون الشيزونت **schizont** (شكل ٤ - ٢٤). الذي ينقسم إلى العديد من الميروزويتات **merozoites** مخلفة وراءها بقايا السيتوبلازم.

(هـ) **الانقسام السيتوبلازمي plasmotomy** حيث ينقسم الحيوان الأولى عديد الأنوية إما إلى حيوانين (انقسام سيتوبلازمى ثنائى) كما فى الأوبلينا ***Opalinia*** أو عديد من الحيوانات كما في بوليمكسا ***Pelomyxa*** (انقسام سيتوبلازمى مضاعف)، أو بواسطة الانقسام السيتوبلازمي بالتبرعم حيث يستقبل كل برعم عددا من الأنوية. ويلاحظ أن هذا النوع من الانشطار قد يتزامن أو لا يتزامن مع الانقسام النووى.

٢- التكاثر الجنسى

لا يحدث التكاثر الجنسى **sexual reproduction** بالمعنى المعروف فى البعديات، والذى يتضمن اتحاد الخلايا الجنسية بعضها ببعض ثم تحولها إلى جنين لتكون فردا جديدا. فالأوليات ليست لها أجنة، ومع ذلك فالظواهر الجنينية تحدث كثيرا فى الأوليات. ويتم التكاثر الجنسى فى البداية بالانقسام الاختزالى للكروموسومات (حيث تحتوى الغالبية العظمى من الأوليات على نواة تحتوى العدد المضاعف من الكروموسومات ـ ٢ن) وتتكون خلايا جنسية يُطلق عليها الأمشاج أو الجاميطات **gametes**، أو على الأقل أنوية مشيجية، وقد تكون الأمشاج متماثلة أو غير متماثلة. ويتم اندماج الأمشاج أو الأنوية المشيجية لتكون الزيجوت **synkaryon**، كما يحدث فى عملية الاقتران بالهدبيات حيث يحدث انقسام اختزالى فى النواة الصغيرة وتسلك إحدى الأنوية كنواة ذكرية والأخرى أنثوية، أما النواة الخضرية الكبيرة فتنقسم بالانقسام المباشر وهى عادة تحتوى على أعداد مضاعفة من الكروموسومات. وفى حالة تكوين الزيجوت فإما:

١ ـ تسلك الحيوانات وكأنها أمشاج ويندمجان معا، ويطلق على ذلك التزاوج الكلى **hologamy**.

٢ ـ تتم فى كل حيوان عملية تكوين الأمشاج إذ تنقسم على التوالى انقساما جزئيا **merogomy**. وفى هذه الحالة تختلف الأمشاج فى تركيبها وحجمها وسلوكها عن الأفراد العاديين، وقد تكون هذه الأمشاج متماثلة **isogametes**، وتتكون عادة بالانشطار الثنائى أو المضاعف كما هو الحال فى المثقبات (المُنخْرَبَات) والجرايجورينا، أو تكون غير متشابهة **anisogamtes**، حيث تتميز إلى أمشاج صغيرة ونشطة ومتحركة، وأمشاج كبيرة ساكنة تحتوى على مخزون من المواد الغذائية. وتحدث هذه العملية فى الفولفكس ***Volvox*** والجرثوميات **Sporozoa**.

ويوجد فى الهدبيات نوع من التكاثر يُطلق عليه الاقتران **conjugation** حيث يقترن فردان معا ثم يحدث تبادل الأنوية ويتم اندماجها دون اندماج السيتوبلازم. أما

النواة الخضرية الكبيرة فتتلاشى وتتحلل. وتتكون بعد ذلك نواة خضرية جديدة ـ حيث يحدث تجديد لها ـ بعد انفصال الحيوانين المقترنين. وعملية الاقتران تتم باستخدام أنوية مشيجية متماثلة، ولكن أحيانا تكون تلك الأنوية غير متماثلة كما فى الفورتسيللا *Vorticella* (شكل ٤ ـ ٣٦).

والجدير بالذكر أن معظم دورات الحياة للأوليات، تتضمن تبادل عمليتى التكاثر اللاجنسى والجنسى والتى تمثل ظاهرة تبادل الأجيال **alternation of generation - metagenesis**.

التحوصل Encystment

إن من المميزات الواضحة فى تاريخ حياة معظم الأوليات هى ظاهرة التحوصل التى تشمل معظم الأنواع التى تعيش فى المياه العذبة والتى تتعرض لظروف بيئية غير مناسبة مثل نقص الطعام والجفاف ونقص تركيز الأكسجين والتغير فى الأس الأيدروچينى (**pH**) أو درجة الحرارة أو غيرها من العوامل. وعند التحوصل يفرز الحيوان الساكن حوله غلافا سميكا مقاوما ويتحول إلى طور غير نشط. وأثناء التحوصل تُمتص الكثير من العضيات كالأسواط والأهداب، ويقوم جهاز جولجى بأفراز مادة جدار الحوصلة الذى يُحمل إلى السطح فى أكياس ويُطرد. ويمكن للحيوان المتحوصل أن يقاوم الجفاف ودرجات الحرارة العالية والمنخفضة ـ حتى أن بعضا منها يمكنه البقاء فى الهواء السائل لسبعة أيام أو ثلاث ساعات فى درجة حرارة ١٠٠°م. وقد أمكن لحوصلات الحيوان الأولى كولوبودا *Colopoda* البقاء حيا فى التربة لمدة ٣٨ عاما، ومع ذلك فإن بعض الأوليات المتطفلة لا تكون حوصلات، وتعتمد أساسا على الانتقال المباشر من عائل لآخر. كما يمكن أن تحدث حالات التكاثر مثل الانشطار أو التبرعم أو حتى اتحاد الأمشاج فى حوصلات بعض الأنواع كما فى أنواع الأنتاميبا ولا يتم التحوصل فى البرامسيوم، وقد يكون نادرًا أو غائبا فى كثير من الأوليات البحرية.

والتحوصل لا يساعد الحيوان الأولى فى اجتياز الظروف البيئية المناسبة فحسب، ولكنه قد يكون وسيلة للتكاثر أيضا كما فى الأنتاميبا، أو يكون طريقة للانتشار بواسطة الرياح أو أى عوامل أخرى. وأبسط تاريخ حياة للأوليات يتضمن طورًا نشطًا مغتذيًا وطورًا متحوصلاً. أما فى أوليات أخرى حيث يكون التكاثر الجنسى معقدًا فقد يتحوصل الزيجوت.

التصنيف

تُصنّف الأوليات **Protozoa** حاليا ضمن مملكة البروتستا والتى تشمل الأحياء اللاخلوية (بما فيها بعض أقسام الطحالب) ذات الأنوية الحقيقية **eukaryotic** والتى قد

تكون إما وحيدة أو عديدة الخلايا، وحيث تتكون الأمشاج من خلايا وحيدة، ولا تتكون بها أجنة من الزيجوت وتشمل الأوليات الشعب الأساسية الآتية:

١ - شعبة: اللحميات السوطية «ساركومستجيفورا»

SARCOMASTIGOPHORA

تتميز بوجود نواة واحدة أو أكثر (كلها متماثلة) في بعض الأحيان، وتخلو من البوغيات **spores**، ويتضمن التكاثر اتحاد الأمشاج وليس الاقتران. وتتحرك إما بالأقدام الكاذبة (شعيبة: اللحميات - ساركودينا **Sarcodina**)، كالأميبا أو الأسواط (شعيبة: السوطيات - ماستيجيوفورا **Mastigophora** كاليوجلينا، وتكون عادة مبططة تخلو من الفم. والانشطار الثنائي منتظم (شكل ٤ - ٤)، أو بصفوف طولية مائلة من أسواط قصيرة (شعيبة: أوبيلاناتا **Opalinata**) (شكل ٤ - ١١).

٢ - شعبة: أبيكومبلاكسا APICOMPLEXA

طفيليات داخلية، تخلو من عضيات الحركة فيما عدا الميكروجاميطات المزودة بالأسواط. وتتميز الأطوار المتحركة بوجود معقد قمي **apical complex** والتي اُشتُق اسمها منه وعادة تُنتِجُ الأبواغ **spores**، ولكن تخلو من الخيوط القطبية. وتتضمن دورة الحياة - عادة - كلا من التكاثر اللاجنسي والجنسي، وأحيانا يوجد لها عائل وسيط وهو حيوان لافقاري، وتتكون الأبواغ أو الحويصلات البيضية **oocysts** خلال دورة الحياة وتكون هي وسيلة العدوى، وغالبا ما تحميها أغلفة مقاومة. ومن أمثلتها طفيلي الملاريا والمونوسيستس.

٣ - شعبة: الجرثوميات الدقيقة (ميكروسبورا) MICROSPORA

كلها طفيليات داخلية (على الكثير من الحشرات والأسماك ذات القيمة الاقتصادية) تخلو من عضيات الحركة، وهي بوغيات صغيرة وحيدة الخلية مزودة بخيط قطبي واحد وتخلو من الميتوكوندريا، ومن أمثلتها نوسيما بومبيسس ***Nosema bom-bycis*** الذي يسبب مرضا مميتا لدودة الحرير في كل أطوارها.

٤ - شعبة: ميكسوزوا MYXOZOA

تتميز بأنها تُنتِج أبواغا تتكون من عديد من الخلايا المتخصصة، توجد الأبواغ داخل محافظ ثنائية أو ثلاثية وتكون مزودة بمحفظتين أو أربع محافظ قطبية. وحاليا تُعْرف بأنها كائنات بدائية عديدة الخلايا ومن أمثلتها: ميكسوسوما ***Myxosoma***، ومكسيديوم ***Myxidium***.

٥ـ شعبة: الهدبيات «سيليواوفرا» CILIOPHORA

تتحـرك بالأهداب، الأنوية ثنائية الشكل، الأنشطار الثنـائى مستـعرض، التكاثر الجنسى يتم بعـملية الاقـتران، ولا تتـكون الأمشـاج بتاتا ومن أمـثلتهـا البرامـسيـوم؛ والفورتيسللا (شكل ٤ ـ ٣٦).

شعبة اللحميات السوطية
SARCOMASTIGOPHORA

شعيبة السوطيات
MASTIGOPHORA

السوطيات أوليات تتحـرك بخيوط بروتوبلازمية دقيقة تشـبه الأسواط فى الحيوان البالغ، ومنه أُشتُق اسمها، ولمعظم السوطيات سوط واحد، ولكن لبعض الأنواع سوطان أو أكثـر، وتستطيع بعض السوطيـات أن تُكَوّن أقداما كـاذبة، وتُعتبـر السوطيات أكـثر الأوليات بدائية وهى تشمل:

١ - طائفة: السوطيات النباتية PHYTOMASTIGOPHORA

وهى تتميز بوجود بلاستيدات ملونة والتغـذية ذاتية مثل النباتات. ويعتبرها علماء النبـات من ضمن الطـحالب رغـما من قـدرتهـا على الحركـة، وهى تتـميـز بوجـود البلاستيدات الخضراء **chloroplastids** التى تحتوى على الكلورفيل وتقوم بعملية البناء الضوئى. ولكن أثبتت الدراسات أن بعض الأجناس (مثل اليوجلينا ***Euglena***) منها ما يحتوى على البلاستيدات الخضراء وتتغـذى تغذية ذاتية، ومنها ما تخلو من البلاستيدات وتعـيش كالحـيوانات تتـغذى تـغذية رمـية. كـما أن بعض أنواع الـيوجلينا قـد تفقـد البلاستـيدات الخضراء وتتـغذى تغذية حيوانيـة بامتصاص المواد الموجـودة حولها. ومن الواضح أنه فى الكائنات اللاخلوية من الصعب إيجاد حد فاصل بين الحيوان والنبات. مما حدا بعض العلماء باعتـبار السوطيات النباتية هى نقطة البـداية المشتركة بين المملكتين النباتيـة والحيوانيـة. ولا غرو فإن تصنيف كل الكائنات اللاخلـوية فى مملكة واحدة هى البروتـستا **Protista** قد سـاهم فى التـعرف على هذه الكائنات كنبـاتات وحيـوانات مستـقلة. ومن أمـثلة الـسـوطيـات: اليـوجلينات **Euglenida** (لوحـة رقم ٤ ـ ١) السوطيات الثنائية (الدينوفلاجليدا **Dinoflagellida**) والفولفوسيدا **Volvocida**.

٢- طائفة السوطيات الحيوانية ZOOMASTIGOPHORA

سوطيات تتغذى تغـذية حيوانية، وتتميز بعدم وجـود حاملات الألوان، ومنها ما يعيش حرا مثل السوطيات المطوقة **Choanoflagellida** أو متطفلا مثل التـريبونوسوما والليشمانيا **Kinetoplastida**، والترايكوموناس **Trichomonadida**، والترايكونيمفا **Hypermastigida**.

طائفة السوطيات النباتية PHYTOMASTIGOPHORA

١ـ رتبة يوجليندا EUGLENIDA

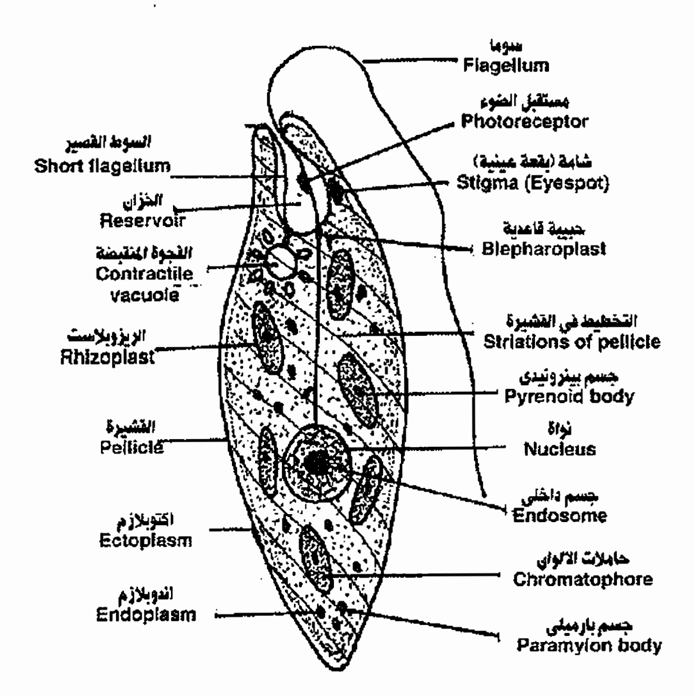
يوجلينا فريدس *Euglena viridis*

تعيش اليوجلينا في برك المياه العذبة وخاصة الغنية بالمواد العضوية المتحللة ويوجد من اليوجلينا مـا لا يقل عن مائة نوع. وقد تتواجـد اليوجلينا فريدس في مـجاري المياه العذبة بأعداد هائلة تصبغ الماء بلون أخـضر مميز. ويتراوح طول اليوجلينا من ٣٥ ـ ٦٠ ميكرون.

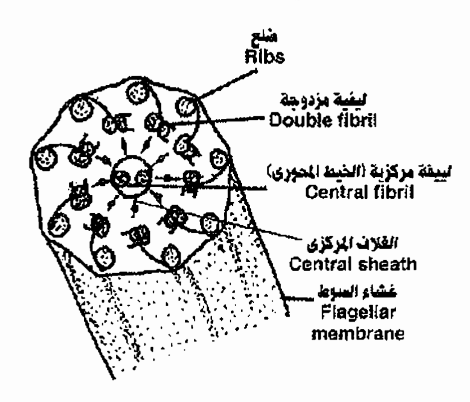
واليوجلينا مـغزلية الشكل (شكل ٤ ـ ١، لوحة رقم ٤ ـ ١) تمتـاز بطرف أمامي كليل، وطرف خلفي مدبب. ويغطي جـسم اليوجلينا غشاء خارجي توجد تحـته شرائط بروتينية وأنيبوبات دقيقة تكون القشيرة **pellicle** وهي مرنة تسمح لليوجلينا بالانثناء وأن تغير شكلها. ولا يوجد تمييز واضح بين الأكتوبلازم والأندوبلازم. وتوجد نواة واحدة. ويتميز الجزء الأمامي بوجود ممر ضيق يُطلق عليه البلعوم **gullet** يؤدي إلى فجوة كبيرة قارورية الشكل هي الخزان **reservoir**. ولليوجلينا سـوط ينشأ بواسطة جـذرين ينتهي كل منهما بحبـيبة قاعدية **blepharolpast** توجد في جدار الفم الخلوي وتقع مـباشرة تحت السطح وأحيانا تتصل بالنواة بليفة دقيقة هي الريزوبلاتست **rhizoplast**. وللجسم القاعدي نـفس تركيب السوط أو الهدب ولكنه يخلو من اللـيفتين المركزيـتين، كما أن الأنابيب التـسعة الدقـيقة تكـون ثلاثية ولا يوجد لهـا أذرع، وقد أوضـحت الدراسات باستـخدام المجهـر الإلكتروني أن التركـيب الدقيق للأسواط والأهداب واحـد سواء في النباتات أو الحيوانات فـهو يتكون من أنيبوبات دقيقـة عددها ١١، يكون الخيط المحوري منها اثنان في المنتصف، ٩ أزواج عند المحيط وتُحاط بغشاء سيتوبلازمي يستمر مع غشاء الخلية (شكل ٤ ـ ٢).

ويوجد على أحد جذري السوط انتفاخ حساس للضوء يُطلق عليه مستقبل الضوء **photoreceptor**، كما توجد على أحد جوانب البلـعوم الخلوي بقعة عينية **eye spot** أو شامة **stigma** لونها أحمر أو برتقالي تعمل على توجيه الحيوان نحو مصدر الضوء.

وإضافة إلى النواة فى السيتوبلازم توجد البلاستيدات الخضراء التى تحتوى على مادة الكلوروفيل وكذلك عضيات الخلية المختلفة: ميتوكوندريا، أجسام جولجى، الشبكة الإندوبلازمية... إلخ، ولكن تتميز اليوجلينا بوجود عضى خاص هو البيرونويد **pyrenoid** الذى يقوم بإنتاج مادة فريدة عديدة السكريات تشبه النشا.



شكل (٤ ـ ١) يوجلينا موضحا التراكيب المختلفة كما تظهر فى التحضيرات الحية والمصبوغة



شكل (٤ ـ ٢) رسم توضيحى يبين التركيب الدقيق للسوط (أو الهدب)

الحركة

إن القشيرة التى تغطى اليوجلينا مع أنها صلبة وتعطى الحيوان شكله المميز، إلا أنها مرنة لحد ما تسمح للحيوان بالحركة اليوجلينية **euglenoid**، وهذه التغيرات فى الشكل تتضمن الانقباضات والانبساطات المتوالية لجسم اليوجلينا، وبذلك يمكن لليوجلينا أن تزحف ببطء على جسم صلب. أما الطريقة الثانية للحركة هى السباحة السريعة والتى تنتج بطريقة غير مباشرة من ضرب بالسوط حيث يتجه السوط ناحية الخلف ثم تمر حركة تموجية تزداد من القاعدة حتى الطرف، وتؤدى هذه الحركة إلى دوران الحيوان حول محوره الطولى ثم ميله بالنسبة للمحور فى اتجاه الحركة، وبذلك يعمل الجسم كمستوى دورانى ويندفع للأمام. وهى نفس القاعدة لمسمار لولبى أو رقاص.

التغذية

تحصل اليوجلينا على غذائها بنفس الطريقة التى تستخدمها النباتات بالتغذية الذاتية بعملية البناء الضوئى باستخدام الضوء وثانى أكسيد الكربون والماء فى وجود البلاستيدات الخضراء. أما مصدر الأزوت فهو بعض الأملاح وعلى وجه الخصوص الأمونيا التى تمتصها من الماء المحيط. وقد لوحظ أنه عند تعريض اليوجلينا فى الظلام يختفى الكلوروفيل ومراكز تكوين النشا وتتوقف عملية البناء الضوئى، وتتغذى اليوجلينا على المواد العضوية التى تمتص من خلال سطحها. وإذا عرضت تلك اليوجلينا للضوء تعود الكلوروبلاستيدات للظهور. وقد لوحظ أن يوجلينا فريدس لا تتحمل أن تعيش فى الظلام لفترات طويلة. أما يوجلينا جراسيلس ***Euglena gracilis*** فتستطيع أن تعيش فى الظلام دون الاعتماد على عملية البناء الضوئى وخاصة إذا وضعت فى محلول غنى بالمواد العضوية وغير العضوية. ورغم وجود بلعوم خلوى لليوجلينا فإنها لا تستطيع أن تبتلع طعاما صلبا، كما فى بعض الأوليات. ومع ذلك فإن هناك بعض أنواع السوطيات القريبة من اليوجلينا مثل برانيما ***Peranema*** (شكل ٤ ـ ٥) فهى قادرة على ابتلاع البكتريا والخميرة حتى اليوجلينا بواسطة فم خلوى يفتح على جانب الخزان ذات الأسواط.

وتختزن اليوجلينا الغذاء فى شكل زيوت أو دهون أو كربوايدرات مثل البارميلون **paramylon**.

التنظيم الأزموزى

يوجد لليوجلينا بالقرب من الخزان فجوة متقبضة (شكل ٤ ـ ١) وأحيانا فجوتان يحيط بكل منهما عدد من القنوات الإضافية **accessory canals**. وتقوم الفجوات

(القنوات) الإضافية (الثانوية) بجمع الماء الذى تسرب داخل السيتوبلازم من خلال القشرة أو الناتج من عمليات الأيض، ثم تُفَرغ هذه الفجوات محتوياتها فى الفجوة الكبيرة التى تقترب من الغلاف الخارجى لطرد الماء الزائد خلال البلعوم الخلوى. وقد كان يُعْتقد أن للفجوة المتقبضة وظيفة إخراجية ولكن ثبت أن وظيفتها الرئيسية هى التنظيم الأزموزى.

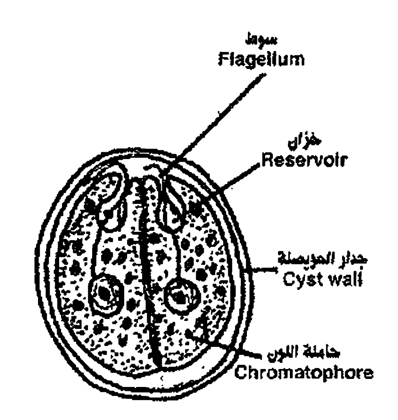
عضيات الحس: تتميز اليوجلينا بوجود بقعة عينية حمراء أو برتقالية لامعة تتكون من حبيبات كاروتنيدية تحتوى على صبغ الهيماتوكروم، على شكل فنجان يحتوى على هذه الحبيبات يحيط بمادة حساسة للضوء (شكل ٤ ـ ١) وهى مستقبل الضوء الحقيقى والذى يوجد كانبعاج بالقرب من قاعدة السوط الطويل.

وتنجذب اليوجلينا ناحية الضوء، وحيث إن الفنجان الملون يسمح باستقبال الضوء من اتجاه واحد فقط لذلك يمكن لليوجلينا أن تتحرك ناحية الضوء. واستجابة اليوجلينا للضوء الضعيف غير المباشر استجابة إيجابية ـ أى أنها تنجذب نحوه، ولكنها تتجنب الضوء القوى المباشر مثل ضوء الشمس حيث إنه ضار بها. وإضافة إلى أن السوط عضو الحركة، ولكنه قد يؤدى وظيفة الإحساس حيث يستقبل المؤثرات الميكانيكية ومن المحتمل الكيميائية أيضا.

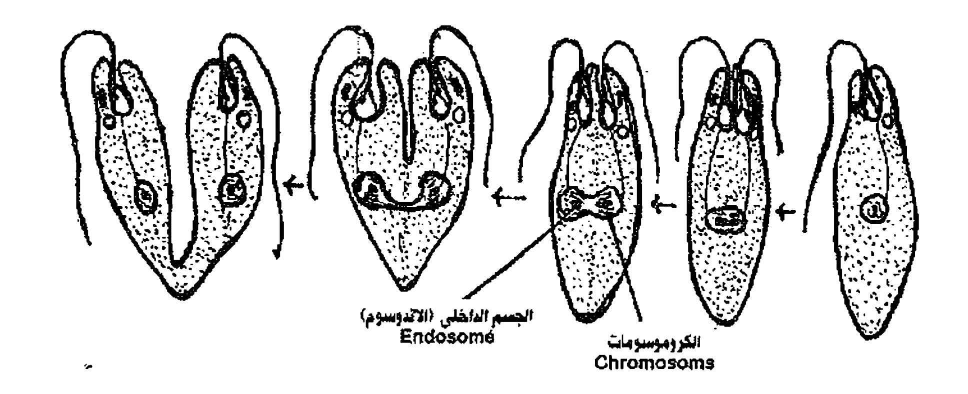
التكاثر

أ ـ التكاثر اللاجنسى

ويتم بالانشطار الثنائى الطولى حيث ينقسم الحيوان إلى نصفين متساويين. ويُطْلق على هذا الانقسام، انقسام متماثل **symetrogenic**. وإن كان الانقسام بالنسبة للأسواط وغيرها من العضيات الخلوية غير منتظم. وقبل عملية الانقسام يحدث ازدواج للسوط والبلعوم الخلوى (شكل ٤ ـ ٤) والخزان والفجوات المتقبضة والشامة **stigma**. ثم تنقسم النواة انقساما غير مباشر، ثم تنشق اليوجلينا طوليا من الأمام للخلف. وقد يبقى السوط الأصلى مع أحد النصفين بينما يكوّن النصف الآخر سوطا جديدا.



شكل (٤ ـ ٣) *حويصلة اليوجلينا*



شكل (٤ ـ ٤) *الانقسام الثنائي الطولي في اليوجلينا*

ب ـ التحوصل

عند حدوث ظروف بيئية غير ملائمة (مثل جفاف البركة أو ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة وغيرها) تتحوصل اليوجلينا. إذ يختفي السوط وتأخذ اليوجلينا شكلا أميبيا هو البلاميللا **palmella**، ثم تحيط نفسها بحوصلة رقيقة من مادة چيلاتينية (شكل ٤ - ٣) وتفقد القدرة على الحركة ـ ثم تنقسم بالانقسام الثنائي عدة مرات وتبقى داخل الحوصلة إلى أن تتحسن الظروف البيئية حيث يخرج منها الأفراد ويتكون لكل منها سوط جديد. والتكاثر الجنسي غير معروف على الإطلاق في اليوجلينا.

٢ـ رتبة ثنائيات الأسواط دينوفلاجيليدا DINOFLAGELLIDA

تعتبر ثنائيات الأسواط من المنتجين الأولين للمادة العضوية في البيئة البحرية. وتتغذى معظم أنواعها بعملية البناء الضوئي وتحتوي على بلاستيدات خضراء، وثمة أنواع منها غير ملونة تتغذى تغذية حيوانية. ويكون لون الأنواع التي تتغذى بعملية البناء الضوئي أخضر أو بنيا لوجود كمية كبيرة من مادة الكاروتيد وغيرها من الصبغات إضافة إلى كلوروفيل «أ» و «جـ». ولمعظم أنواعها سوطان غير متساويين توجد عادة في ميازيب (شكل ٤ ـ ٥) فلها سوط طولي وآخر استوائي، ويوجد كل منهما جزئيا في ميزاب على الجسم. ويلاحظ أن جدار ثنائيات الأسواط ذات أشكال متعددة يتركب من صفائح سليلوزية مزركشة مطمورة في الغشاء الخلوي. وتستطيع معظم الأنواع ـ حيوانية التغذية ـ أن تبتلع الفريسة من منطقة الفم بين الصفائح بالقرب من المنطقة الخلفية للجسم.

وتعيش بعض أنواع ثنائية الأسواط معيشـة تكافلية داخل خلايا الكثير من الحيوانات البحرية بما فـيها الحيـوانات المرجانية. وفى كثـير من الأحيان لا يمكن للحيـوان أن يعيش بدونها، وبعض أنواع المراجين الحـجرية (شكل ٤ ـ ٦٠ , ٦٢) stony corals، والقرنية horny يحتوى على ٢ مليـون خلية طحلبية/ سم٣. ويطلق علـى ثنائيات الأسواط هذه الزوكزانثيلات zooxanthellae وهى تمد حيوانات الشعب بالأكسجين والغذاء بينما تقدم لها حيوانات الشـعب المأوى والمغذيات غير العضوية مثل ثانى أكسـيد الكربون والنتروچين والفوسفـور. وواقعيا يحصـل الحيوان المرجانى على حوالى ٦٠٪ من المواد الـعضوية التى تنتجها الزوكزانثيلات. وإذا تعرضت هذه المراجين لأى كرب بيئى مثل التلوث أو ارتفاع أو انخفـاض فى درجة الحـرارة يؤدى ذلك إلى فقـد الزوكزانثـيلات والتى تـسبب ابيـضاض المرجانيات bleaching، وموت الشعاب المرجانية. وقد حدثت هذه الظاهرة فى جزء كبير من مرجانيات المنطـقة الاستوائية فى العالم عام ١٩٨٠. وإذا لم تُعكـس هذه العملية فإن هناك خطورة من الإضرار بنظام الشعاب المرجانية الهش.

وأحيانا يحدث ازدهار فى بعض أنواع ثنائيات الأسواط التى تعيش فى البحار مثل جونيولاكس *Goniaulax* (شكل ٤ ـ ٥ لوحة رقم ٤ ـ ٢) والتى إذا وُجدت فى أعداد هائلة تؤدى إلى تلوين البـحر باللون الأصفـر أو البنى مما يُطلق عليه المد الأحـمر red tide حيث يوجد من ٢٠ ـ ٤٠ مليون فرد / سم٣. وتفرز هذه الأنواع سموما من مادة ساكستونين saxitonin التى توثر على الأعصاب وتؤدى إلى غلق مضخة الصوديوم مما يؤدى إلى قتل الأحياء التى توجد فى المنطقة من قشريات وأسماك وغيرها.

وثـمـة نـوع من ثـنـائـيات الأسـواط التـى تـتراكم فى أجـسام بعض الرخـويات molluscs من ذوات المصراعين، والتى إذا أكلها الإنسان قد تؤدى إلى حدوث شلل مما يسبب الوفاة.

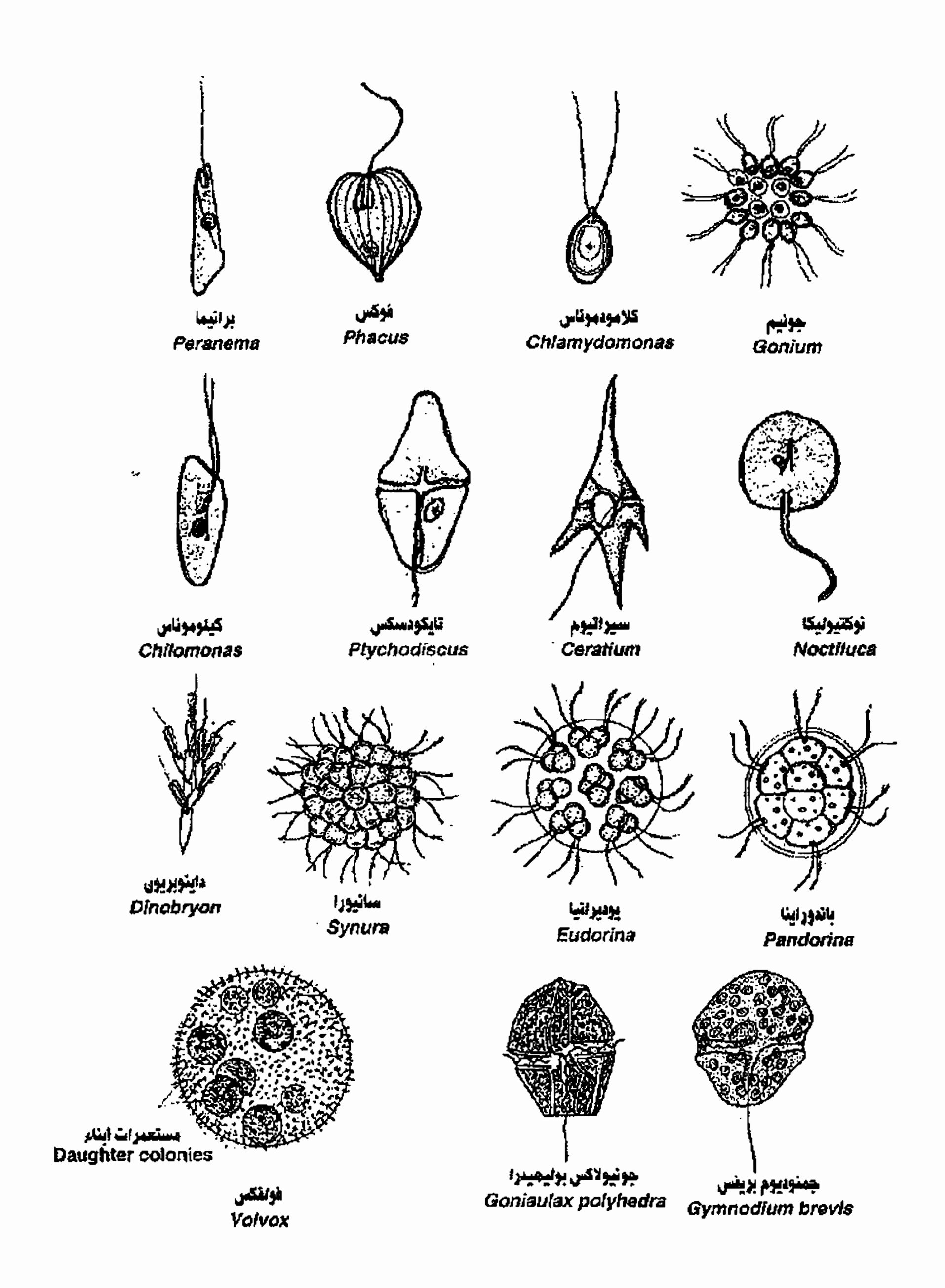
كما أن بعض أنواع ثنائيات الأسواط يمكن أن تَنتج ضـوءا حيويا، ولا غرو فمعظم الإضاءة الحيوية التى نشاهدها فى البحر ناتجة عن ثنائيات الأسواط ذات الإضاءة الحيوية.

التصنيف

تنقسم السوطيات النباتية إلى خمس رتب منها ثلاث رتب أساسية هى:

١ ـ رتبة: ثنائيات الأسواط دينوفلاجليدا DINOFLAGELLIDA

وتقابلهـا فى النبات طائفة داينوفيـسا Dinophyceae. معظمـها بحرية، تتمـيز بوجـود أسواط مـسـتـعرضـة توجـد فى ميـازيب، والجسـم إما عـار أو مغطى بجـدار سليلوزى؛ لون البلاسـتيدات الملونة بنى أو أصفر وعادة توجـد الشامة stigma. ومنها



شكل (٤ ـ ٥) *التنوع بين السوطيات النباتية:*

أنواع تكون مستعمرات: باندورانيا، يودورانيا، سانيورا، جونيم وداينوبريون، وفولفكس.

سوطيات ثنائية: تايكودسكس، سيراتيوم، جمنوديوم، جونيولاكس.

أمثلتها: سيراتيوم *Ceratium* (لوحة رقم ٤ ـ ٢) جمنودتيم (لوحة رقم ٤ ـ ٢) *Gymnoditum* (شكل ٤ - ٥)، جليـنودنـيم *Glenodinium* جونيولاكس *Goniaulax*.

٢- رتبة: يوجلينيدا EUGLENIDA

وتقابلها في النبات طائفة **Euglenophyceae**، وهي عادة خضراء أو لا لون لها، تتميز بوجود سوط أو سوطين، وشامة **stigma** في الأنواع الملونة. ومعظمها يعيش في المياه العذبة، ولكن أنواعا قليلة تعيش في التربة والأسطح الرطبة. وتتكون المادة الملونة من كلوروفيل «أ»، «ب» والكاروتنويد. وهي تشبه تلك التي توجد في الطحالب الخضراء، وكذلك الكلوروبلاستيدات في النباتات الأرضية. ولكن تتميز الكلوروبلاستيدات الخاصة بها بوجود ثلاثة أغشية وليس غشاءين كما في الطحالب ونباتات اليابسة. ومن أمثلتها يوجلينا *Euglena* وبيرانيما *Peranema* (شكل ٤ ـ ٥).

٣- رتبة: فولفوسيدا VOLVOCIDA

وتقابلها في النبات طائفة **Chlorophyceae** تتميز بوجود بلاستيدات خضراء وبقعة عينية وسوطان أو أربعة أسواط متساوية، وأحيانا تكون على شكل مستعمرة ومن أمثلتها: الفولفكس *Volvox*؛ باندورينا *Pandorina* كلاميدوموناس *Chlamydomonas* (شكل ٤ ـ ٥).

طائفة السوطيات الحيوانية

ZOOMASTIGOPHORA

تتميز أن كلها عديمة اللون تخلو من الحبيبات الملونة، التغذية حيوانية أو رمية الغالبية العظمى منها تعيش معيشة تكافلية، ولكن الكثير من أنواعها متطفلة.

رتبة: كينتوبلاستيدا KINETOPLASTIDA

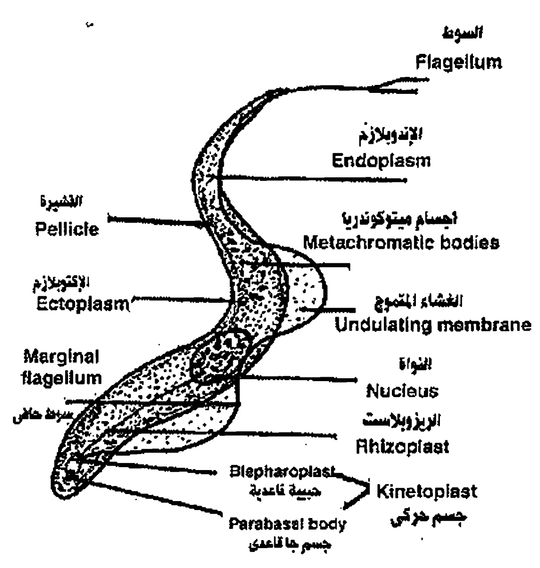
١. التريبانوسوما *Trypanosoma*

تعيش التريبانوسوما متطفلة على دماء وبعض أنسجة الفقاريات (كالأسماك والبرمائيات والزواحف والطيور والثدييات). وعادة لا تسبب أضرارًا لعائلها الطبيعي (الظباء والوعول)، ولكن عندما تنتقل إلى الإنسان أو الحيوانات كالأبقار والأغنام والخيول فإنها تسبب لها أمراضا خطيرة. وتنتقل التريبانوسومات من عائل لآخر بواسطة عائل متوسط لافقارى هو عادة إحدى الحشرات الماصة للدماء أو ديدان العلق **leeches** التي تعيش في الماء وتتغذى على دم الحيوانات التي ترتاد الماء.

وتسبب التريبانوسوما للإنسان مرض النوم الذى ينتشر فى المناطق الاستوائية الحارة فى أفريقيا ويؤدى إلى نسبة كبيرة من الوفيات مما يجعل مساحات شاسعة غير صالحة لمعيشة الإنسان. ومن أعراض هذا المرض الحمى - نتيجة السموم التى يفرزها الطفيلي - التى يتبعها تضخم الكبد والطحال والغدد الليمفاوية ثم نقص فى وزن المريض، وميله للنوم مع ظهور أعراض عصبية مثل الصداع الشديد، إذ إن هذا الطفيلى فى النهاية يغزو السائل حول المخ والحبل الشوكى وفجوات المخ ويفرز سموما تؤثر عليه وتسبب الخمول والغيبوبة التى تنتهى عادة بالوفاة.

التركيب

التريبانوسوما من الأوليات متعددة الأشكال **polymorphic** فهى تظهر فى أشكال مختلفة تختلف عن الطرز المثالى (شكل ٤ ـ ٦) للنوع الذى يكون مستطيلا ومفلطحا ومدبب الطّرفين ومغطى بقشيرة **pellicle** صلبة ولكنها مرنة تعطى الطفيلى شكلا ثابتا. والنواة كبيرة توجد فى المنتصف تقريبا. أما السوط فهو طويل يمتد من الطرف الخلفى للطفيلى والأكثر كروية إلى الطرف الأمامى الأكثر تدببًا. وينشأ السوط من حبيبة قاعدية **basal body** - **blepharoplast** توجد بجوارها جسم جار قاعدى **parabasal body**



شكل (٤ ـ ٦) *تريبانوسوما*

عبارة عن جزء مميز يحتوى على ميتوكوندريا طويلة بها خيوط الدنا. ويمتد السوط من الخلف للأمام متخذا مسارا متموجا فى موازاة الجسم حيث يتحد معه بواسطة غشاء رقيق هو الغشاء المتموج **undulating membrane** (شكل ٤ ـ ٦) الذى يقوم بوظيفة الدفة. وعندما يصل السوط إلى الطرف الأمامى لهذا الغشاء فإنه يصبح حرا لمسافة قصيرة. وتسبح التريبانوسوما بحرية فى بلازما الدم بحركات جسمها التموجية وكذلك بحركة السوط والغشاء المتموج.

التغذية

تتغذى التريبانوسوما بامتصاص المواد العضوية من بلازما الدم من خلال سطح الجسم وقد يلعب الجسم، جار القاعدى دورا فى أيض سكر الجليكوز الذى يُمتص من جسم العائل.

التنفس والإخراج

يتم بالانتشار خلال القشيرة الخارجية.

التكاثر

تتكاثر التريبانوسوما تكاثرًا لاجنسيا بالانشطار الثنائى الطولى (شكل ٤ ـ ٧) مثل اليوجلينا. وفى بعض الأنواع يحدث انقسام مضاعف. وتتم عملية الانقسام بتكوين حبيبتين قاعديتين وبينما تبقى الأولى متصلة بالسوط الأصلى، تُكون الثانية سوطًا جديداً بالتدريج. ثم ينشق جسم الحيوان طوليا من الأمام للخلف (شكل ٤ ـ ٧). وخلال عملية التكاثر يفرز الطفيلى مواد سامة فى دم المريض كنواتج لعمليات الأيض وتسبب هذه الإفرازات الشعور بالحمى.

دورة الحياة (شكل ٤ ـ ٨)

دورة الحياة معقدة وتختلف من نوع لآخر، وتُعتبر دورة حياة تريبانوسوما بروسى جامبينس ***Trypanosoma brucei gambiense*** مثلا مبسطا لدورة حياة هذا الطفيل. وعادة يوجد الطفيلى فى أشكال متعددة تتضمن ٤ أشكال هى:

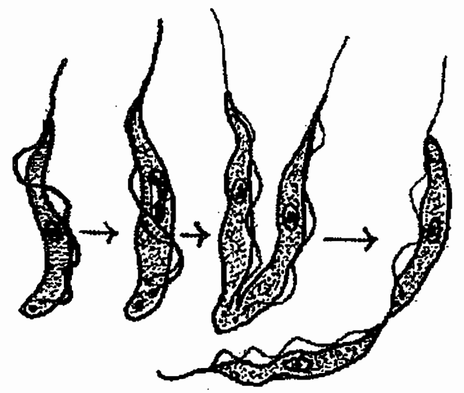
١ ـ الشكل الليشمانى **leishmanial , micromastigote** وهو مستدير أو بيضاوى ذات نواة مركزية وجسم حركى أمامى وحبيبة قاعدية وسوط قصير لا يبرز خارج حافة الجسم. وهو عادة لا يرى بالمجهر العادى.

٢ ـ الشكل الليبتومونادى **leptomonad , promastigote** وهو طويل يتميز بوجود سوط قصير يبرز من الأمام.

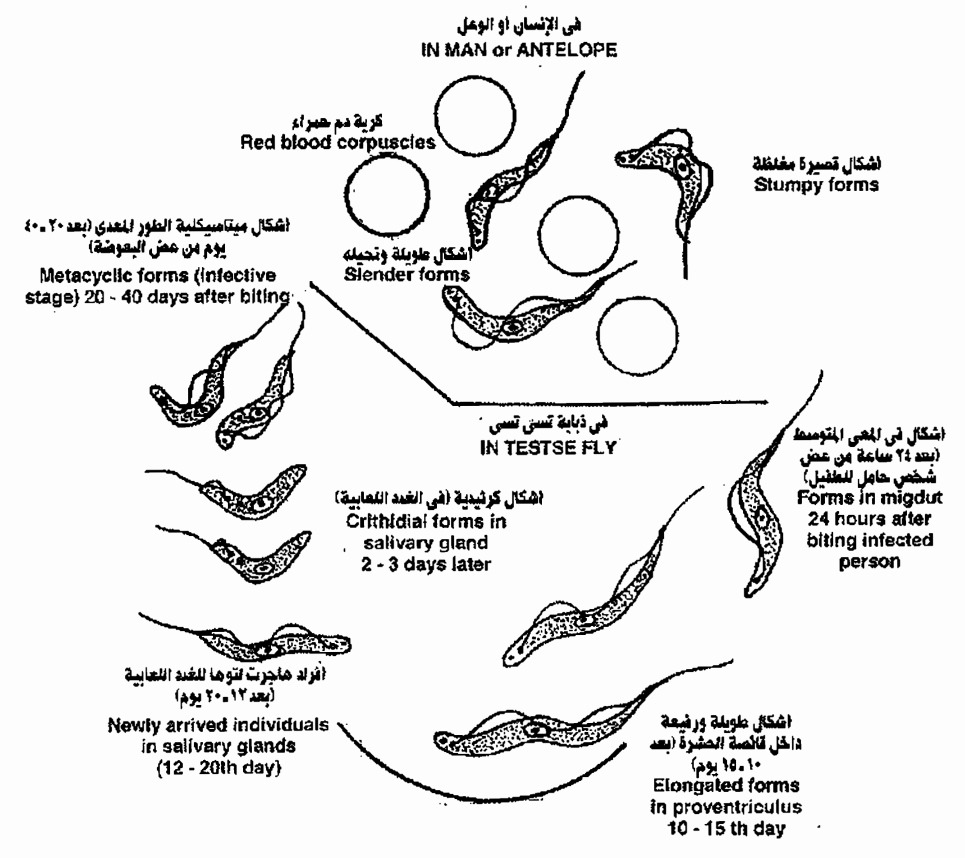
٣ ـ الشكل الكرثيدى **crithidial , epimastigote** حيث يكون الجسم الحركى **kinetoplast** أمام النواة ويمتد السوط إلى الأمام عند حافة غشاء متموج قصير.

٤ ـ الشكل التريبانوسومى **trypanosomal, trypomastigote** (شكل ٤ ـ٦، ٨) حيث يوجد الجسم الحركى عند الطرف الخلفى للجسم، ويمتد السوط بطول حافة الغشاء المتموج تقريبا بحيث يكون حرا عند الطرف الأمامى.

وتظهر التريبانوسوما فى دم المريض حيث تعيش حرة فى الدم، فى شكلين: الشكل التريبانوسومى الطويل الرفيع، والشكل الكرثيدى القصير السميك إضافة إلى



شكل (٤ ـ ٧) الانقسام الثنائي الطولي في التريبانوسوما



شكل (٤ ـ ٨) دورة حياة تريبانوسوما بروسي جامبينس

Trypanosoma brucei gambiense

أشكال بينيـة **intermediate forms**. ويتكاثر الـطفـيلى فى الدم بالانشطـار الثنائى الطولى وينتج أعدادًا كبـيرة، فإذا لم يُقْض على الطفيلى وهو فى الدم فسـريعا ما يعود للكبد وإلى السائل الليمفى والغدد الليمفية فالجهاز العصبى المركزى مما يؤدى إلى شعور المريض بالغيبوبة.

وعندما تمتص ذبابة تسى تسى جلوسينا بلابالس ***Glossina palpalis*** الدم الذى يحوى الأشكال المختلفـة فإنها تُهْضم كلها داخل معـدة الذبابة ولا تبقى سوى الأشكال القصيرة المغلظة التى تقاوم الهضم، والتى تنقسم لتعطى أشكالا طويلة رفيعة تهاجر بعد حوالى ١٥ يوما مـتجهة نحـو الأمام إلى القانصة ومنهـا إلى التجويف الشفـوى فتحت البلعوم حـتى تصل إلى الغدد اللعـابية، حيث تتكاثر وتتـحول إلى أشكال قصـيرة هى الأشكال الكرثيدية **crithidal forms** التى تتـميز بوجـود الجسم القـاعدى والحـبيبـة القاعـدية أمام النواة. ثم تتكاثر الأشكال الكرثيدية لتكون أشكالا قـصيرة مغلظة تـشبه تلك التى توجد فى دم المـصاب تتميـز بوجود سوط قـصير الذى يتـميز بوجـود الجسم الحركـى والحبـيبـة القاعـدية فى الطرف الخلفى. وهذا الطور الذى يُطْلق عليـه الشكل الميتاسيكلى (شكل ٤ ـ ٨) **metacyclic form** هو الطور المعدى الذى ينتقل إلى إنسان سليم عندما تتـغذى ذبابة تسى تسى على دمـه وتحقن اللعاب الذى يحـتوى على الطور المعدى فى الدم، حـيث يتضاعف الطفيـلى فى دم المريض بسرعة لمدة حوالى أسـبوعين (فترة التـحضين) قبل ظهور أعـراض المرض. وتستغرق دورة الحيـاة داخل جسم الذبابة حـوالى ٢٠ ـ ٣٠ يومـا؛ لذلك تكون الذبابة ناقلة للمـرض إمـا بعـد مص دم المريض مباشرة أو بعد حوالى عشرين يوما.

ويلاحظ أن القضاء على مرض النوم من الأمور الصعبة وخاصة أن الطفيلى يمكنه أن يعيش متـطفلا على كثير مـن الحيوانات البرية كالـوعول والأيائل وغيرها التى تُعْـتبر مخزنا له ولا يسبب لها أضرارًا.

أنواع التريبانوسومات: يوجد عدد كبير من أنواع التريبانوسومات التى تصيب الإنسان والفقاريات منها ثلاثة على الأقل تصيب الإنسان هى:

١ ـ **تريبانوسـوما بـروسى جامبـينس** ***T. brucei gambiense*** وتنقله ذبابة من جنس جلوسينا بلابالس ***Glossina palpalis***، وينتشـر فى أواسط وغرب أفريقيـا وقد أُكْتشِفَ فى جامبيا ويسبب مرض النوم الحاد.

٢ ـ تريبانوسوما بروسى روديسينس *T. brucei rhodesiense* وينقله ذبابة جنس جلوسينا مورستانز *Glossina morsitans* ويسبب مرض النوم الحاد. وهو مرض خطير ينتهى بالوفاة بعد فترة قصيرة وينتشر في وسط وجنوب أفريقيا، وقد اكتشف في روديسيا.

٣ ـ تريبانوسوما كروزى *T. cruzi*: ويسبب مرض شاجاس **Chagas's disease** وتنتشر في أواسط وجنوب أمريكا. وينقله نوع من البق اللاثم ـ ترايتوما *Triatoma*. حيث يضع البق برازه الملوث بالطفيلى على الأغشية المخاطية بجوار الفم أو العين. ويغزو هذا الطفيلى العضلات الهيكلية وعضلات القلب، ومن أعراضه ارتفاع درجة الحرارة وهبوط فى القلب وأنيميا تؤدى إلى الوفاة.

٢. الليشمانيا *Leishmania*

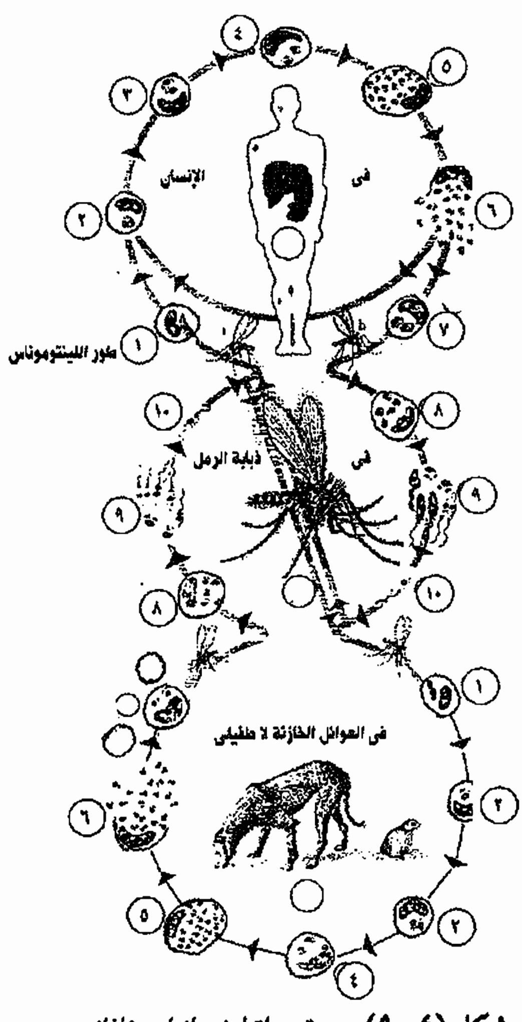
تتطفل الليشمانيا على الخلايا الكبيرة الأكولة للجهاز الليمفاوى للعديد من الفقاريات بما فيها الإنسان والزواحف والثدييات. ويوجد ثلاثة أنواع من الليشمانيا تتطفل على الإنسان وتسبب له مرض الليشمانيا **leishmaniasis**. وينتقل الطفيلى للإنسان بواسطة ذبابة الرمل ـ فيلبتومس *Phlebotomus* الماصة للدماء. ويوجد الطفيلى فى شكلين: الليشمانى وهو الذى يوجد فى الفقاريات والإنسان والكلاب والقوارض الصغيرة حيث يعيش داخل خلايا الجهاز الشبكى البطانى **reticuloendothelial system**؛ والليبتومونادى **leptomonad** داخل ذبابة الرمل (شكل ٤ ـ ٩). ويكون الشكل الليشمانى كرويا وله نواة مركزية يوجد بجوارها جسم جار قاعدى وجسم قاعدى حيث ينشأ منه سوط قصير لا يبرز خارج الجسم، وطول المحور يتراوح من ٣ ـ ٥ ميكرون. ويتكاثر الطفيلى داخل العائل الفقارى بالانشطار الثنائى البسيط (شكل ٤ – ٩).

أما الشكل الليبتومونادى فهو مغزلى الشكل يتميز بوجود سوط حر ينشأ من الحبيبة جار القاعدية **blepharoplast** التى تقع أمام النواة الكبيرة. ويتكاثر الطور الليبتومونادى فى أمعاء الحشرة بالانشطار الثنائى الطولى، ثم يهاجر إلى البلعوم فالتجويف الفمى حيث تكون الحشرة معدية. وعندما تعض إحدى حشرات الرمل الإنسان ينتقل الطور المعدى إلى الدم حيث يتكاثر.

أنواع الليشمانيا: يوجد نوعان رئيسيان من الليشمانيا يتطفلان على الإنسان، وتنتقل إليه العدوى عن طريق حشرة الرمل التى تحمل الطور المعدى:

١ ـ ليشمانيا تروبيكا ***Leishmania tropica***: وهو النوع الشائع الذى يعدى الإنسان فى كثير من أنحاء العالم، ويؤدى إلى مرض الليشمانيا الخلوية التى تسمى قرحة الشرق **oriental sore** أو دمل بغداد **Bagdad boil**، والمخزن الطبيعى لهذا الطفيلى هو القوارض.

٢ ـ ليشمانيا دونافانى ***Leishmania donovani***: وهو طفيلى شائع فى السودان، أوروبا والهند والصين وفى كثير من بلدان آسيا الصغرى وجنوب أمريكا وغيرها من البلاد، ويؤدى إلى مرض ليشمانيا الأحشاء **visceral leishmaniasis** أو الكلازار **Kala azar**، وهو يغزو خلايا الكبد والطحال والغدد اللمفية ونخاع العظم وغيره من الأنسجة. ومن المعروف أن الكلاب وابن آوى وبعض القوارض تُعْتَبر مخازن طبيعية لعدوى الإنسان بواسطة الليشمانيا.



شكل (٤ ـ ٩) دورة حياة ليشمانيا دونافانى *Leishmania donovani*:

أ ـ فى الإنسان

١ ـ الطور الليبتوموناسى داخل الخلية البطانية.

٢ ـ ٦: أطوار النمو داخل الخلية البطانية.

٧ ـ إحدى الخلايا اللمفية فى الأوعية الدموية الطرفية.

ب ـ فى ذبابة الرمل

٨ ـ طور الليشمانيا داخل خلية المعدة فى العائل.

٩ ـ تضاعف الطور الليبتومونادى.

١٠ ـ الطور ذات السوط ـ الطور الميتاسكلى.

جـ ـ فى العوائل الخازنة (الكلاب والقوارض الصغيرة)

١ ـ ٦ نفس الأطوار التى فى الإنسان.

طائفة: السوطيات الحيوانية Class: ZOOMASTIGOPHOREA

وتشمل ٧ رتب منها:

١- رتبة: السوطيات المطوقة CHOANOFLAGELLIDA

تتميز بأن السوط يحاط بياقة متقبضة أسطوانية تتكون من أنيبيات دقيقة متراصة بعضها بجوار بعض، وتكون عادة في مستعمرات. ومن أمثلتها كودوسيجا ***Codosiga*** (شكل ٤ ـ ١٠) وهي مستعمرة تحملها ساق طويلة. وبروتيرسبونجيا ***Proterspongia*** حيث يكون الأفراد مطمورين في مطرق چيلاتيني.

٢- رتبة: كينتوبلاستيدا KINETOPLASTIDA

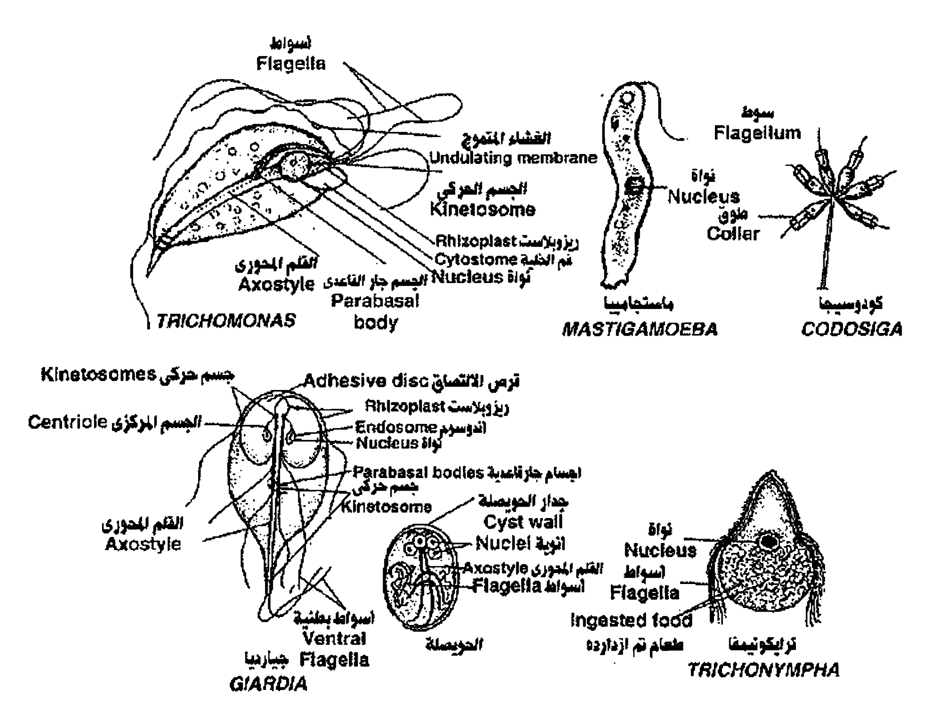
وتتميز بوجود سوط إلى أربعة أسواط، وحبيبة حركية **parabasal body - ki-netoplast** تتكون من جزء متخصص من ميتوكوندريم طويل يحتوى على دنا ملفوف، يوجد بالقرب من الجسم القاعدي. ومعظمها متطفلة وإن كان بعض منها يعيش معيشة حرة ومن أمثلتها: موناس ***Monas*** وهو مزود بسوطين متساويين تقريبا؛ والتريبونوسوما والليشمانيا.

٣- رتبة: دبلوموناديدا DIPLOMONADIDA

تتميز بتماثل جانبي وتحتوى على نواتين كل منها يصاحبه ٤ أسواط. ومن أمثلتها جيارديا ***Giardia***. وهي مزودة بممص تلتصق به على العائل ومنها جيارديا لمبيا ***G. intestinalis = G. enterica = G. lambia***. وهو طفيلي على الأمعاء الدقيقة للإنسان ويؤدى إلى الإسهال (الدوزونتاريا ـ الزحار) وسوء الامتصاص وينتقل الطفيلي بالحويصلات التي توجد في البراز وتلوث مصادر المياه.

٤- رتبة: ترايكوموناديدا TRICHOMONADIDA

كل أنواعها متطفلة على الثدييات والطيور، وتتميز بوجود ٤ أسواط، إحداها يتدلى خارج الجسم وإما يكون حرا أو ملتصقا كلية أو جزئيا بالجسم، وأحيانا يتصل بغشاء متموج. ومن أمثلتها ترايكوموناس ***Trichomonas*** (شكل ٤ ـ ١٠) الذي يتميز بوجود قلم محوري يبرز من الجزء الخلفي للجسم، وتنتقل العدوى بواسطة الطور النشط، والنوع الذي يتطفل على أمعاء الإنسان هو ترايكوموناس همينوس ***T. hominis***، أما الترايكوموناس فاجينالس ***T. vaginalis*** فيوجد في الجهاز البولي التناسلي للإنسان وعلى وجه الخصوص الإناث حيث يسبب التهاب الغشاء التناسلي للإناث، والحالب في الرجال، كما أن الإصابة قد تنتشر لتصيب الأعضاء الأخرى. أما ترايكوموناس تينكس ***T. tenox*** فيتطفل على الفم.



شكل (٤ ـ ١٠) *أمثلة من السوطيات الحيوانية: كودسيجا،ماستجاميبا، ترايكونيمفا وجيارديا*

٥- رتبة: هيبرمستجيدا HYPERMASTIGIDA

سوطيات بيضاوية الشكل كبيرة مع وجود عدد كبير من الأسواط، وحبيبات جار قاعـدية عديدة، نواة واحدة كبـيرة، ويتميـز الجزء الأمامي بوجـود بوز وغطاء. وكلها تتنفس لاهوائيا وتعيش مـعيشة تكافلية في القناة الهضـمية للأرضَة **termites**، وتعمل على هضم المواد السليلوزية (الخـشب) الذي تتغذى عليـه. ومن الملاحظ أن الأرضة في كل انسلاخ تفقد فونه القناة الهضـمية وبها طفيلي ترايكونيمفا ***Trichonympha*** (شكل ٤ ـ ١٠)، ولكنها تُعـوض ذلك بأكل الحويصلات التي في براز أرضة أخـرى، أو حتى مجـرد لحس أفراد آخـرين من الأرضة (النمل الأبيض). ولُوحظ أنـه إذا تركت الأرضة دون وجود الطفيلي فإنها تموت خلال ١٠ أيام أو أكثر.

الأمـثلة: ترايكونيـمفـا ***Trichonympha*** الذي يعـيش في أمـعـاء الأرضَـة، والصرْصور ويحتوى على آلاف من الأسواط، لوفوموناس ***Lophomonas*** طفيلي على أمعاء الصراصير.

٦- رتبة: ريزو ماستيجيدا RHIZOMASTIGIDA

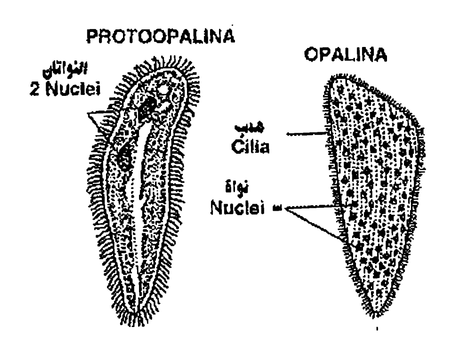
ومن أمثـلتها ماسـتيجواميبا هـيـالا ***Mastigamoeba hyalae*** (شكل ٤ ـ ١٠) وتتطفل على أمعاء أبي ذنيبه والضفادع، وهي أميبية الشكل مزودة بسوط واحد، وأقدام

كاذبة تُستخدم للقبض على الطعام والحركة، أما السوط فهو عضى حسى. وتُعتبر هذه الرتبة بين اللحميات والسوطيات.

شعيبة أوبيلاناتا

OPALINATA

تشمل أنواعا بدائية كانت تُصنف مع الهدبيات، ورغما أنها مغطاة فيما يبدو أنه أهداب فهى تصنف حاليا مع السوطيات الحيوانية بناء على أن الأنوية التى تحتويها كلها من نفس الطرز - على نقيض الهدبيات التى بها أنوية مختلفة. كما أن الانشطار الثنائى أو المضاعف يكون منتظما. ويتضمن التكاثر الجنسى اتحاد الأمشاج، كما أن الجسم يكون مغطى بأعداد كبيرة من الأسواط القصيرة.



شكل (٤ - ١١) بعض *أنواع شعيبة أوبيلاناتا*
Opalinata

وتتميز الأوبيلانيات بأنها مبططة تخلو من الفم ومغطاة بصفوف طولية مائلة من الأسواط القصيرة، وهى تعيش معيشة تكافلية فى القناة الهضمية للتودات **toads** والضفادع **frogs** اليافعة وأبى ذنيبة **tadpole** وبدرجة أقل فى الأسماك. وتتغذى تغذية رمية حيث تُدخل المواد الغذائية بواسطة الارتشاف الخلوى **pin-ocytosis** من خلال تكوين حويصلات ارتشافية تنتشر على القشيرة الخارجية. وهى تخلو من الفراغات المتقبضة.

ومن أمثلتها الأوبلينا *Opalina* (شكل ٤ - ١١) وهو طفيلى مفلطح عديد الأنوية، أما البروتوبولينا *Protoopalina* فهى مغزلية الشكل ثنائية النواة.

شعيبة اللحميات - سركودينا

SARCODINA

فوق طائفة ريزوبودا - جذريات الأقدام RHIZOPODA

تتميز أفراد هذه الشعيبة بأنها أوليات تخلو من القشيرة الخارجية فى الطور الخضرى، وأن لها القدرة على تكوين الأقدام الكاذبة التى تستخدمها فى الحركة

والحصول على الطعام. كما يكون شكلها غير منتظم أو كروى. وتُعتبر من أبسط الأوليات لوجود عدد محدود من العضيات. وغالبا ما تكون عارية رغما أن الغالبية العظمى (المثقبات، والراديولاريا) تتميز بوجود تراكيب هيكلية بلغت درجة فائقة من التعقيد.

وقد صُنّفت اللحميات والسوطيات في شعبة واحدة (اللحميات السوطية) حيث إنهما قريبة الصلة بعضها ببعض. فالكثير من السوطيات قد تفقد أسواطها وتتحرك باستخدام الأقدام الكاذبة، كما أن بعض أنواع اللحميات تمر بأطوار لها أسواط فى تاريخ حياتها. وحتى ـ وكما سبق أن ذكرنا ـ أن بعض أنواع السوطيات تكون أميبية الشكل ومزودة بسوط (شكل ٤ ـ ١٠) مثل ماستجاميبا ***Mastigamaeba***.

وتتميز اللحميات بوجه عام بأن السيتوبلازم يتكون من طبقة خارجية رائقة شبه صلبة (هلامية) هى الإكتوبلازم **ectoplasm**، وطبقة داخلية أكثر سيولة ومحببة وذات فجوات هى الإندوبلازم **endoplasm**. وتوجد أربعة أنواع من الأقدام الكاذبة تستخدمها الأنواع المتباينة من اللحميات وهى:

١ ـ أقدام فصية الشكل **lopopoda** (شكل ٤ ـ ١٢، ١٣، ١٧)، وهى عريضة أو ذات أطراف كليلة ومكونة من الإكتوبلازم والإندوبلازم وتوجد فى أنواع الأميبا المختلفة (شكل ٤ ـ ١٢).

٢ ـ أقدام خيطية **filopoda** (شكل ٤ ـ ٢٢ب) وهى رقيقة وأسطوانية وعادة رائقة ومدببة وأحيانا متفرعة، وتتكون عادة من الإكتوبلازم فقط، كما فى المثقبات (الفورمينفرا) .

٣ ـ أقدام شبكية **reticulopoda** (شكل ٤ ـ ٢٠ د) وهى خيطية الشكل تتفرع وتتصل بعضها ببعض مكونة شبكة كما فى المثقبات.

٤ ـ أقدام محورية **axopods** (شكل ٤ ـ ٢٠ هـ)، وتكون مدعمة بخيط مركزى **axoneme** يتكون من حزمة من الأنيبوبات الدقيقة التى تمتد بطول القدم الكاذب كله، وتكون مغطاة ببروتوبلازم حبيبى لاصق؛ لهذا تكون هذه الأقدام الكاذبة ذات بقاء مستمر، وتُستخدم فقط فى القبض على الطعام. ويمكن للأقدام المحورية أن تمتد أو تنكمش بإضافة مادة الأنيبوبات الدقيقة أو إزالتها. وهى توجد فى ذوات الأقدام الشعاعية ـ أكتينوبودا **Actinopoda** والتى من ضمنها الراديولاريا.

أميبا بروتوس

Amoeba proteus

الشكل والتركيب

تتميز الأميبات (رتبة **Amoebida**) بأنها عارية وغير منتظمة ويتغير شكلها باستمرار. ومع ذلك فبعض الأنواع تتكون لها قشرة خارجية إما يفرزها السيتوبلازم مثل الارسيللا ***Arcella*** (شكل ٤ ـ ٢٠ أ). أو تكون عبارة عن حبيبات متنوعة ملتصقة بعضها ببعض مثل دفلوچيا ***Difflugia*** (شكل ٤ ـ ٢٠جـ) وفى العادة تكون للصدفة فتحة كبيرة تبرز منها الأقدام الكاذبة أو حتى جسم الحيوان كله.

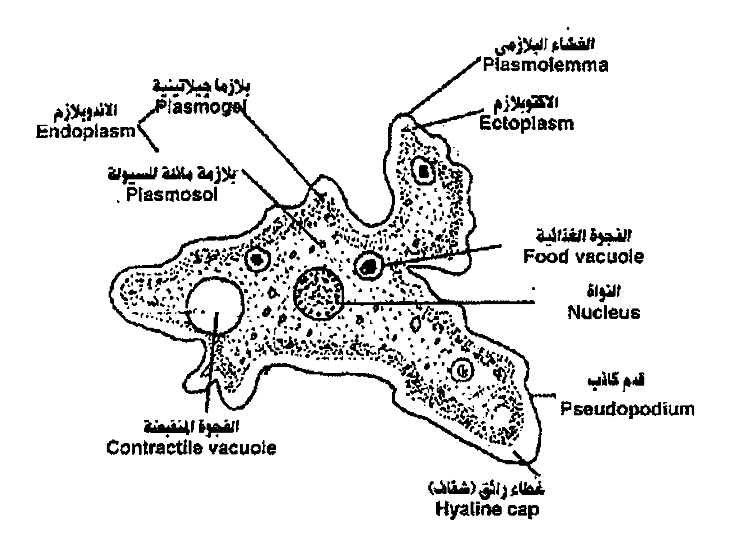
وتشمل اللحميات الأميبا ***Amoeba*** بأنواعها، وكذلك أنواع أخرى من الأوليات التى تعيش حرة فى الماء العذب أو المالح أو قليل الملوحة أو التربة أو فى أعماق مختلفة من المحيطات. وبعض الأنواع تعيش متطفلة حيث تعيش فى القناة الهضمية للافقاريات كديدان الأرض والحشرات والفقاريات بأنواعها ومن أمثلتها أنتاميبا هستوليتيكا، وأنتاميبا كولاى وكلاهما يعيش فى الأمعاء الغليظة للإنسان.

والنوع الشائع من الأميبا هو أميبا بروتوس ***Amoeba proteus*** (شكل ٤ ـ ١٢) والتى تعيش فى المياه البطيئة الجريان والبرك، وغالبا ما توجد فى المياه الضحلة على النباتات المائية، ونادرا ما توجد حرة فى الماء لاحتياجها لمرتكز تزحف عليه. ويصعب رؤية أميبا بروتوس بالعين المجردة إذ يكون متوسط قطرها حوالى $\frac{1}{2}$ مليمتر (٥٠٠ ميكرون)، وتبدو تحت المجهر كأنها كتلة رمادية من السيتوبلازم ذات شكل يتغير دائما، وذلك من خلال تكوين وسحب نتوءات أصبعية الشكل هى الأقدام الكاذبة، كما أن هناك أنواعا من الأميبا التى تُرى بالعين المجردة وتحتوى على أكثر من ألف نواة ومن أمثلتها جنس شاوس كارولينس ***Chaos carolinense*** (لوحة رقم ٤ ـ ٣) والتى قد يصل طولها ٥ مم.

ويحيط بالأميبا غشاء بلازمى **plasmolemma** رقيق. ويتكون الجزء الخارجى من السيتوبلازم من الإكتوبلازم والداخلى وهو الإندوبلازم يكون حبيبيا، ويحتوى على النواة، وأنواع عديدة من البلورات والحبيبات وقطيرات الدهون والفجوات وغيرها من المحتويات. ولما كان البروتوبلازم فى حالة سريان مستمر فإن المحتويات الداخلية تغير مكانها وتتدحرج بعضها على بعض. وعند صبغ النواة تبدو كأنها قرصية الشكل مملوءة بحبيبات كروماتينية.

الحركة

تقوم الأميبا ذات الأقدام الأنبوبية أو الخيطية بالحركة الأميبية المميزة، وهى عادة بطيئة جدا، وفيها يتبع الحيوان طريقا متعرجا. وفيما عدا بعض أنواع الفورمسينفرا

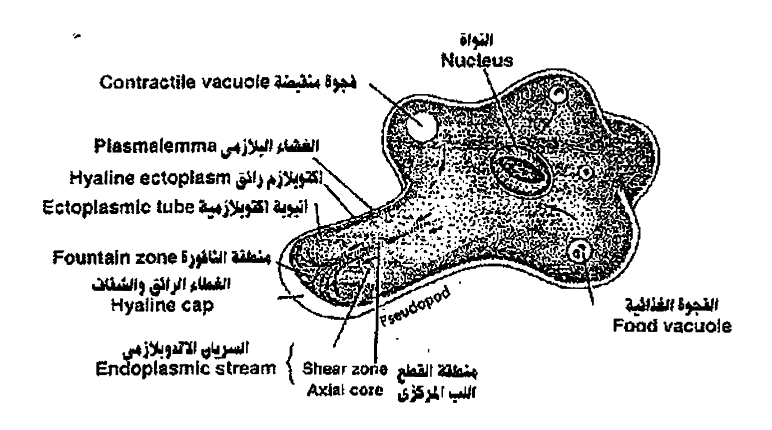


شكل (٤ ـ ١٢) الأميبا

(المثقبات) الهائمة **pelagic** فإن معظمها يزحف فوق أحد المرتكزات باستخدام الأقدام الشبكية، أما الاكتينبودا وتشمل أكانثاريا **acantharians** بوليسيستينيا **polycystineans**، وفيوديريا **phaeodareans**، والحيوانات الشمسية **heliozoeans** فهى مكيفة للحياة كعوالق تستخدم فيها الأقدام الكاذبة للقبض على الطعام وليست أعضاء حركة. أما الأنواع المغطاة بقشرة صلبة فإنها تتحرك على المرتكز بأسطحها السفلى بالتدحرج. وتتم الحركة فى الأميبا بواسطة تكوين مؤقت للأرجل الكاذبة، ويمكن للأقدام الكاذبة أن تظهر على أى نقطة فى السطح.

وقد فُسرت حركة الأقدام الكاذبة بالتحول العكسى فى الحالة الغروية للبروتوبلازم من حالة السيولة **sol** إلى الحالة الأقل سيولة - الهلامية **gel** . وذلك فى المكان الذى ستتكون فيه القدم الكاذبة. وتبدأ بظهور بروز كليل يُكون غطاء رائقا يكبر فى الحجم لسريان السيتوبلازم الذى يندفع فيه. ويتحرك السيتوبلازم فى حالة السيولة **plasmosol** فى اتجاه الحركة، وعندما يصل إلى الطرف الأمامى يتحول إلى الحالة الصلبة ـ الهلامية **plasmogel** على الجوانب، وبذلك تتكون أنبوبة يسيل فيها السيتوبلازم متحركا فى اتجاه القمة (شكل ٤ ـ ١٣). وبينما تستمر الحركة يحدث سريان مستمر للسيتوبلازم المائل للسيولة وفى نفس الوقت يتحول السيتوبلازم الهلامى إلى مائل للسيولة فى الجزء الخلفى. وإن سريان السيتوبلازم المائل للسيولة داخل المائل للصلابة يرجع إلى تَقبُّض السيتوبلازم الهلامى الذى يؤدى بدوره إلى دفع السيتوبلازم فى القدم الكاذبة.

وثمة تفسير آخر يفترض أن السيتوبلازم يتكون من سلاسل طويلة من البروتين والتى تكون منبسطة فى الإندوبلازم ولكنها ملتفة (منثنية) فى الإكتوبلازم. ففى الطرف الأمامى (وهو اتجاه الحركة) حيث يتحول السيتوبلازم المائل للسيولة إلى سيتوبلازم هلامى يدعم جوانب القدم الأنبوبية ثم يحدث التفاف لسلاسل البروتين (أى انقباض)، ولكنها تنفرد فى الجزء الخلفى حيث يتحول الإكتوبلازم إلى إندوبلازم. وبناء على هذا التفسير يحدث الانقباض فى الجزء الأمامى مما يؤدى إلى سحب الحيوان للأمام بواسطة الإندوبلازم فى الطرف الخلفى.



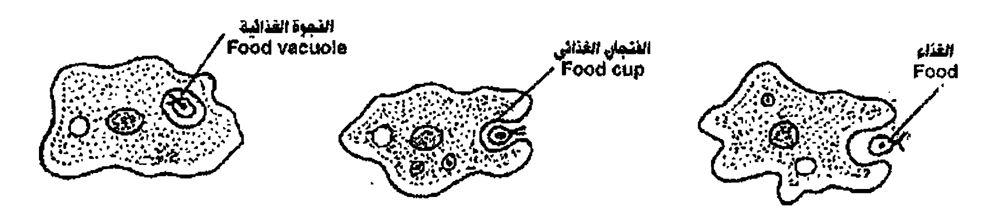
شكل (٤ ـ ١٣) *أميبا فى حركتها النشطة*

وفى دراسة حديثة باستخدام المجهر الإلكترونى أوضحت أن هناك خيوطا من الأكتين ينزلق الواحد منها فوق الآخر خلال الحركة الأميبية، كما أمكن الكشف عن وجود الميوسين فى أميبا بروتس. ولا غرو فإن كلا من الأكتين والميوسين موجودان فى العضلات ـ فى الحيوانات الراقية ـ وتؤدى إلى انقباضها وانبساطها.

ويمكن للأميبا أن تغير اتجاه حركتها أو حتى عكسها بتكوين أرجل كاذبة ناحية الاتجاه الجديد وسحب القديم. ويمكن تكوين عديد من الأقدام الكاذبة ولكن عادة ينمو واحد منها فى اتجاه الحركة. وحركة الأميبا بطيئة لا تتعدى أن تكون حوالى ٢,٥ سم/ ساعة.

التغذية

فيما عدا بعض الأنواع المتطفلة تتغذى اللحميات تغذية حيوانية حيث تتغذى على البكتريا والطحالب والدياتومات وغيرها من الأوليات، والحيوانات عديدة الخلايا الصغيرة مثل الروتيفرا والديدان الأسطوانية. ويتم بلع الفريسة بواسطة الأقدام الكاذبة. إذ تلتف الأقدام الأنبوبية على الفريسة لتكون ما يشبه الفنجان (شكل ٤ ـ ١٤) الذى سريعا ما يغلفه السيتوبلازم، وبذلك تتكون فجوة غذائية تحتوى على كمية كبيرة من الماء. ولكن أحيانا تكون الفجوة الغذائية ملامسة تماما لسطح الفريسة. وقد أوضحت الدراسات أن الأميبا يمكنها أن تحصل على المواد العضوية من الوسط المحيط بعملية الشرب الخلوى من خلال الغشاء الخلوى. وفى الأميبا النشطة غذائيا تبدو الفجوات الغذائية فى أطوار مختلفة من عمليات الهضم وتكون منتشرة فى الأندوبلازم. وتتم عمليات الهضم كما سبق وذكرنا (صفحة: ٢٦٩) وبعد إتمام الهضم ـ الذى قد يستغرق من ١٥ ـ ٣٠ ساعة طبقا لنوع الغذاء ـ تُمتَص المواد المهضومة فى السيتوبلازم لتُستخدم مصدرا للطاقة والتمثيل الغذائى لتكوين سيتوبلازم جديد. أما المواد غير المهضومة أو المتبقية فإنها تُطْرد بطريقة بسيطة. فعادة تكون تلك الجزيئات أثقل من السيتوبلازم لذلك تُدفع بالتدريج إلى الطرف الخلفى المؤقت، ثم بعد ذلك تُترك وراء الأميبا بينما تتحرك للأمام. ويمكن للأميبا أن تعيش عدة أيام بدون غذاء، ولكنها تقل فى الحجم خلال هذه المدة.



شكل (٤ ـ ١٤) *مراحل تكوين الفجوة الغذائية فى الأميبا*

التنفس والإخراج

إن الأميبا ككل الكائنات الحية، عليها أن تحول الطاقة الكامنة التى تختزنها مركبات معقدة توجد فى السيتوبلازم إلى أشكال مختلفة لطاقة نشطة بواسطة عمليات الأكسدة. ويستلزم ذلك الأكسجين وطرد ثانى أكسيد الكربون والماء، والمواد الأزوتية

مثل الأمونيا والبولينا. ففى الأميبا يكون تركيز الأكسچين أقل منه فى الوسط المحيط بها، كما أن تركيز ثانى أكسيد الكربون والمواد الأزوتية أعلى منها مما فى الماء المحيط. ولما كانت هذه المواد ذائبة فإن التغيرات الأيضية تحدث بواسطة الانتشار البسيط من وإلى الماء المحيط خلال غشاء البلازما. ومن الملاحظ أن هذه العملية للتنفس والإخراج ذات كفاءة عالية فى مثل هذا الحيوان دقيق الحجم مثل الأميبا، حيث إن السطح المعرض أكبر من كتلة السيتوبلازم.

التنظيم الأزموزى والفراغ المتقبض

إضافة إلى تكوين الماء كنتيجة لعمليات الأكسدة فإنه يدخل جسم الأميبا مع الغذاء الذى تبتلعه، إضافة إلى ذلك أنه لما كانت الأميبا تعيش فى المياه العذبة، فالماء يدخل من خلال غشاء البلازما بواسطة الأزموزية، والذى إذا تُرك داخل الأميبا فإنها تنفجر وتموت؛ لذلك فإن كمية الماء الزائدة تُطرد باستمرار إلى الخارج بواسطة الفجوة المتقبضة **contractile vacuole**، والتى تتكون باتحاد قطيرات دقيقة للماء وتكبر بالتدريج إلى حجم أقصى، نتيجة تراكم كميات أكبر من الماء، ثم تنقبض طاردة محتوياتها من خلال ثقب مؤقت إلى الخارج. ومن الملاحظ أن تكوين الفجوة المتقبضة وتفريغها يكون منتظما.

وقد وجد أن الأميبا التى تعيش فى البحر أو المتطفلة تخلو من الفجوة المتقبضة وذلك لأنها تعيش فى بيئة يكون فيها الضغط الأزموزى مساويا تقريبا لذلك الذى فى السيتوبلازم. وقد لوحظ أن تحليل محتويات الفجوة المتقبضة فى الأميبا لا يحتوى على أية مواد إخراجية؛ لذلك من الواضح أن الفجوة المتقبضة هى وسيلة للتنظيم الأزموزى للماء داخل الأميبا.

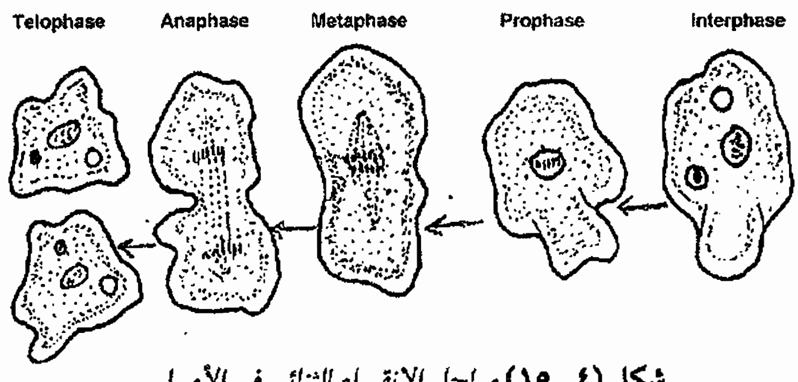
وقد وجد أن الحيوانات الشمسية **Heliozoa** تحتوى على العديد من الفجوات المتقبضة فى القشرة الأكتوبلازمية.

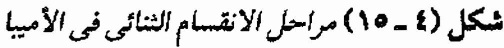
التكاثر

تتكاثر الأميبا بالانشطار الثنائى البسيط (شكل ٤ ـ ١٥). وعند بدء الانشطار تتكور الأميبا وتكون مغطاة بأقدام كاذبة قصيرة. ثم يختفى الغشاء النووى خلال المرحلة الاستوائية ثم يستطيل جسم الأميبا وينفصل إلى نصفين خلال عملية المرحلة الابتعادية. وتستغرق هذه العملية حوالى ٢٠ دقيقة عند درجة ٣٠ْم. ثم تبدأ الأميبا المتكونة فى التغذية إلى أن تصل إلى أقصى حجم لها خلال ٣ أيام ثم تنقسم مرة ثانية.

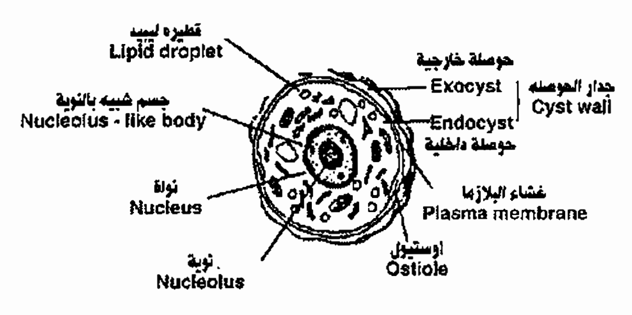
وعندما تسوء الأحوال البيئية أو عندما يجف الماء يقل مصدر الغذاء، ولا يمكن للأميبا أن تؤدى وظائفها الحيوية. ولكن الأميبا مهيأة لتحمل هذه الظروف غير المناسبة

بتكوين طور سكون، فتصبح كروية ويفرز البـروتوبلازم على سطحه الخارجى قشرة صلبة غير مـنفذة للماء يُطلق عليهـا الحوصلة cyst (شكل ٤ ـ ١٦). وتقل العمليـات الأيضية داخل الحوصـلة إلى أدنى معـدل لها، وبذلك تحـمى الأميـبا من الجـفاف والظروف غـير المناسبة. وعندمـا تتحسن الأحوال البـيئية تنفجـر الحوصلة وتخرج الأميـبا لتعيد حـياتها الطبيعية.





شكل (٤ ـ ١٥) *مراحل الانقسام الثنائى فى الأميبا*



شكل (٤ ـ ١٦) *الأميبا المتحوصلة*

وأحيانا إذا كانت الأمـيبا تعيش فى أحد البرك، فإنهـا عندما تجف فإن الطين الجاف يتطاير حاملا مـعه الحوصلات إلى مناطق أخـرى. وبذلك فإن عملية التـحوصل لا تحمى الأميبا فقط من الظروف غير المناسبة، ولكنها أيضا تكون وسيلة لانتشارها من مكان لآخر.

الحساسية والسلوك

رغم أن الأميبا ليـست لديها تراكيب خاصة لاستـقبال المؤثرات، ومع ذلك تكون حساسـة للتغيرات التى تطرأ فى البيـئة المحيطة بها. ومن مظاهر الاستـجابة لمؤثر ما هو

الحركة. فإذا تحركت الأميبا نحو مؤثر معين يُقال عنها أنها استجابة موجبة، أما إذا ابتعدت عن هذا المؤثر فالاستجابة سالبة. وعادة يتوقف رد الفعل على تركيز أو قوة المؤثر، وبذلك فإن تركيزين مختلفين لمادة كيميائية واحدة يتسببان فى استجابة مختلفة تماما.

فالأميبا ذات رد فعل سالب نحو الصدمات الميكانيكية، الضوء الشديد، الأحماض والقلويات القوية ودرجة الحرارة العالية. إن هذه الأفعال التى تقوم بها الأميبا فى الطبيعة تنتُج عن السلوك العام للأميبا. فمثلا الاستجابة السالبة للأميبا نحو الضوء القوى تجعلها تفضل البقاء فى الضوء غير المباشر أو الضعيف مثل تحت النباتات المتحللة أو فى طين القاع حيث الظروف أفضل والغذاء أوفر؛ لذلك تُظْهر الأميبا قوة اختيارية فى اختيار الأشياء التى تستخدمها كغذاء، وهذا من المحتمل أن يكون بسبب المؤثرات الكيميائية. وعلاوة على ذلك فإن كان الطعام شيئا متحركا - أى ينتج مؤثرات ميكانيكية أو كيميائية فإن الفنجان الغذائى يكون واسعا ولا تلمس الأقدام الكاذبة أو تهيج الفريسة. وعموما فإن أفعال الأميبا تؤدى إلى بقائها على قيد الحياة وحفظ نوعها.

الأميبا المتطفلة

Parasitic amoebae

تعيش بعض أنواع الأميبا داخل أجسام الحيوانات الأخرى حيث تتطفل عليها، وتعتمد على الحصول على غذائها من عائلها. وأهم أنواع الأميبا هى التى تعيش داخل أمعاء الإنسان وتسبب له أحيانا أمراضا خطيرة. ويوجد على الأقل ستة أنواع تتطفل على الإنسان، وينتمى ثلاثة منها إلى الجنس أنتاميبا ***Entamoeba*** والتى تشبه إلى حد كبير جنس الأميبا حرة المعيشة .

١. أنتاميبا هستوليتيكا *Entamoeba histolytica* (شكل ٤-١٧)

رغما أن الأنتاميبا هستوليتيكا تصيب حوالى ٦٠٪ من سكان العالم، فإن معظمهم يكونون حاملين للطفيلى حيث تتكاثر الأنتاميبا فى الأمعاء الغليظة وتكون الحوصلات دون أن تحدث أضرارًا فيها. ولكن هناك نسبة تقدر بحوالى ١٠٪ تهاجم فيها الأنتاميبا الغشاء المخاطى للأمعاء الغليظة وتثقب الأنسجة لتصل إلى النسيج الضام وتسبب قروحا ونزيفا دمويا. وقد تهاجر أنتاميبا هستوليتيكا من خلال القروح التى تسببها فى الأمعاء لتغزو الكبد لتسبب خراريج فيه، ونادرا ما تُحْمل إلى القلب والرئتين والمخ والكليتين وحتى الجلد. ومما يساعد على اختراق الأنسجة هو أن الأنتاميبا تفرز

أنزيمات تذيب الأنسجة ومن ذلك اشتق اسمها (إذابة = **lysis**، نسيج =**histo**). ويسبب هذا الطفيلي الزحار أو الدوزنتاريا الأميبية ومن أعراضها آلام فى القولون وإسهال شديد يصاحبه إفراز مخاط ودم.

وتشبه الأنتاميبا فى تركيبها الأميبا العادية، ولكن تتميز بعدم وجود فراغات متقبضة، والنواة حلقية الشكل بها نوية مركزية وطبقة من الحبيبات الكروماتنية الدقيقة التى تبطن الغشاء النووى (شكل ٤ ـ ١٧). وتتحرك الأنتاميبا بقدم كاذب واحد عريض يتكون معظمه من سيتوبلازم رائق.

وتتغذى الأنتاميبا بالبكتريا وحبيبات النشا وخلايا الأنسجة بتكوين فجوات غذائية، وكذلك بامتصاص المواد السائلة من خلال سطح الجسم. وتوجد الأنتاميبا فى ثلاثة أشكال:

١ـ **الشكل النسيجى (الطور الخضرى)**: وهو النوع النشط والمغتذى ويتراوح قطره من ٢٠ ـ ٣٠ ميكرونا، ويتغذى هذا الطور على الأنسجة وكريات الدم الحمراء والتى يمكن مشاهدتها فى السيتوبلازم، ويُعتبر هذا الطور هو أخطرها حيث يمكنه اختراق الأنسجة ويسبب حدوث القروح ونزف الدم، وهو المسئول عن خراريج الكبد والرئتين والمخ. ويوجد هذا الطور فى العدوى الحادة.

٢ـ **الشكل الدقيق**: ويتراوح قطره من ١٥ ـ ٢٠ ميكرونا، وهو طور نشط يتحرك بواسطة قدم كاذب (شكل ٤ ـ ١٧) كليل، ويتغذى على البكتيريا وكريات الدم الحمراء، ويُطلق عليه التروفوزويت **trophozoite** أو الطور المغتذى. ويوجد غالبا فى الجزء العلوى من الأمعاء الغلاظ فى العدوى المزمنة. وهو النوع الوحيد الذى يمكنه أن يتحوصل.

٣ـ **الطور الحوصلى**: ويوجد عادة فى الجزء السفلى للأمعاء الغلاظ ويمثل الطور المعدى. ويتكون هذا الطور تحت ظروف معينة حيث يتحول الطور الدقيق إلى حوصلات بخروج الماء منها وإحاطتها بغلاف صلب. وخلال مرور الطور الحوصلى فى الأمعاء الغليظة تنقسم النواة مرتين لتكون حوصلة بها أربعة أنوية (شكل ٤ ـ ١٧) فى أزواج. وتكون الحوصلة كروية الشكل يتراوح قطرها من ٨ ـ ١٥ ميكرونا وتحتوى على جليكوچين وأجسام كروماتيدية التى تبدو لامعه عندما تكون حية، ولكنها تصطبغ بقتامة. وتمثل الأجسام الكروماتيدية بروتينا مختزنا.

وتُنقل الحوصلات ـ وهو الطور المعدى ـ من إنسان لآخر خلال تناول غذاء ملوث، وتعتبر الذبابة المنزلية إحدى العوامل التى تحمل الحوصلات إما بطريقة مباشرة أو

فى برازها بعد أن تلامس المادة البرازية لأشخاص مصابين. كما تحمل مياه الشرب الحوصلات نتيجة لتلوث ماء الشرب أو التبرز فى الماء أو من خلال الأيدى الملوثة. ومن الجدير بالذكر أن الأنتاميبا خارج جسم الإنسان تبطؤ حركتها وتموت بعد ١٥ ـ ٢٠ دقيقة كما تستطيع الحوصلات أن تعيش فى المياه الجارية النظيفة التى لا تحتوى على طمى لمدة أكثر من عام دون تلف.

وعندما يبلع الإنسان الحوصلات فإنها تنفجر داخل الأمعاء ـ لأنها تتحمل حموضة المعدة ـ ويتكون من كل حوصلة أربعة من الأنتاميبا، ثم ينقسم كل منها إلى ثمانية أفراد كل منها وحيدة النواة. ولذلك فالتحوصل هو الوسيلة الوحيدة للتكاثر والانتشار. ويمكن قتل الحوصلات فى ماء ساخن، أو محلول مخفف (١٪) من برمنجنات البوتاسيوم وهى طريقة تستخدم لغسل الخضروات قبل أكلها وقاية من العدوى.

وحديثا كان يُعْتقد بوجود نوعين من الأنتاميبا المسببة للدوزنتاريا إحداهما ضار وهو أنتاميبا هستوليتيكا، ونوع حميد لا يخترق أنسجة القولون وهو أنتاميبا ديسبار ***E. dispar*** وذلك بناء على اختلاف فى أنزيمات النوعين وكذلك اختلاف فى الچينات. ولكن الدراسات الحديثة تؤيد وجود نوع واحد من أنتاميبا هستوليتيكا، والذى لأسباب غير معروفة يتحول إلى الطرز الخطر أو المسالم.

٢. أنتاميبا كولاى *Entamoeba coli* (شكل ٤ ـ ١٨)

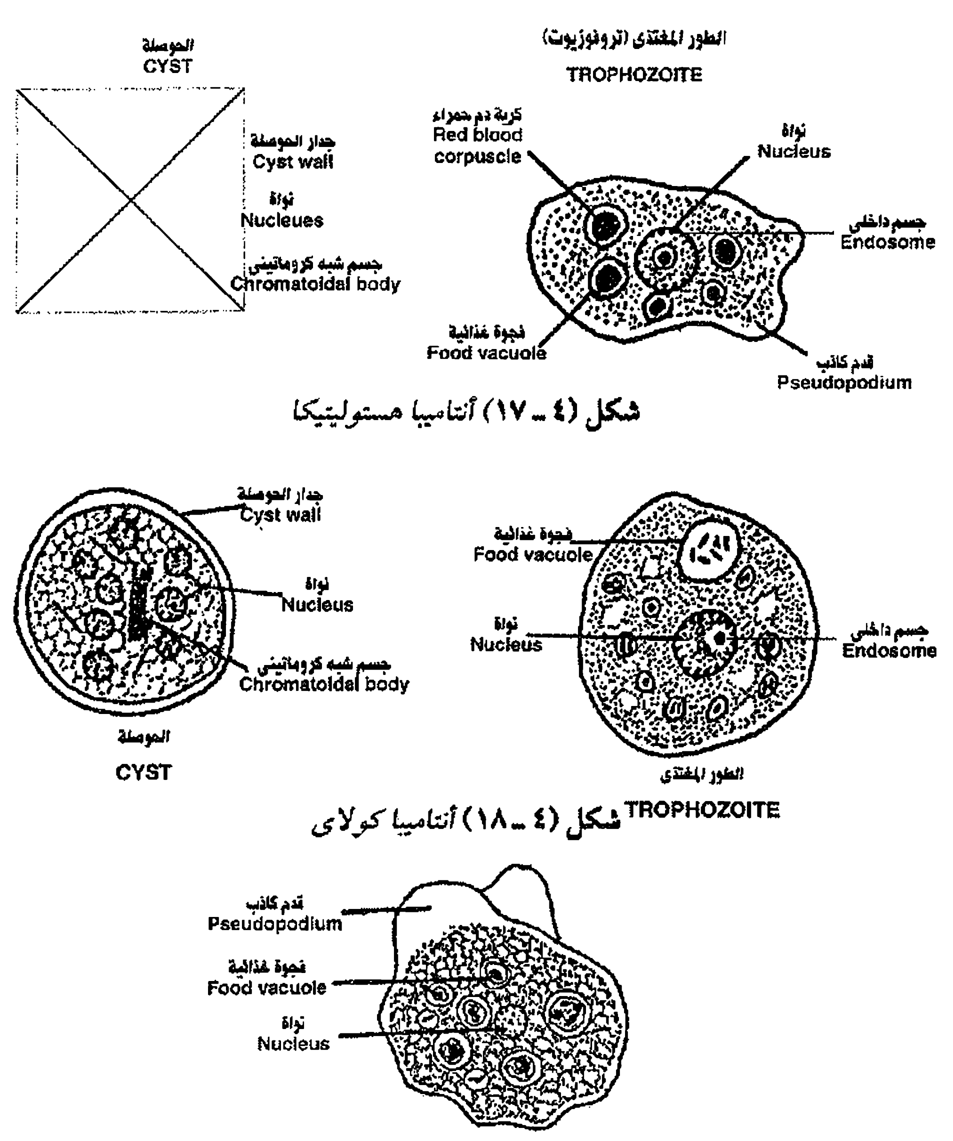
طفيلى غير ضار لا يسبب أمراضا ويعيش فى الأمعاء الغلاظ للإنسان وعادة يكون مصاحبا للأنتاميبا هستوليتيكا. ويتغذى على البكتريا وغيرها من بقايا الطعام التى توجد ضمن محتويات الأمعاء. وقد يسبب بعض الاضطرابات المعوية. ويحتوى السيتوبلازم على حبيبات جليكوچين وعديد من الفجوات الغذائية التى تحتوى على البكتريا. والطور الخضرى يتراوح قطره من ٢٠ ـ ٣٠ ميكرونا مع وجود نواة واضحة، وقدمين كاذبين. وتتميز نواته بأجسام نووية غير منتظمة لامركزية مع وجود طبقة سميكة من الحبيبات الكروماتينية.

وتتحوصل أنتاميبا كولاى بفقد الماء وانقسام النواة إلى نواتين ثم إلى ٨ أنوية ويتراوح قطرها من ١٨ ـ ٢٥ ميكرونا (شكل ٤ ـ ١٨).

٣. أنتاميبا جنجيفالس *Entamoeba gingivalis* (شكل ٤ ـ ١٩)

تعيش معيشة تكافلية داخل التجويف الفمى على سطح الأسنان واللثة وكذلك فى جيوب خاصة وأحيانا فى خبايا اللوزتين، ويتراوح حجمها من ٦ ـ ٣٠ ميكرونا

ولها أرجل كاذبة عريضة. وهى تتغذى على البكتريا وغيرها من الجزيئات وكرات الدم البيضاء، وأحيانا تسبب التهاب اللثة المعروف **pyorrhea**، لما تسببه من ذوبان المادة الأسمنتية التى تثبت الأسنان بالعظام. ويوجد الكثير من هذه الأميبا فى الأسنان المسوسة بصفة خاصة. وتصيب أنتاميبا جنجيفالس ما لا يقل عن ٥٠٪ من البشر. وهى تنتقل من شخص لآخر أثناء التقبيل أو الشرب من أوانى ملوثة حيث إنها لا تكون حوصلات، وقد تنتقل فى بعض الحالات إلى الرئتين.



شكل (٤ ـ ١٧) أنتاميبا هستوليتيكا

شكل (٤ ـ ١٨) أنتاميبا كولاى

شكل (٤ ـ ١٩) أنتاميبا جنجيفالس

طائفة الحبيبشبكيات

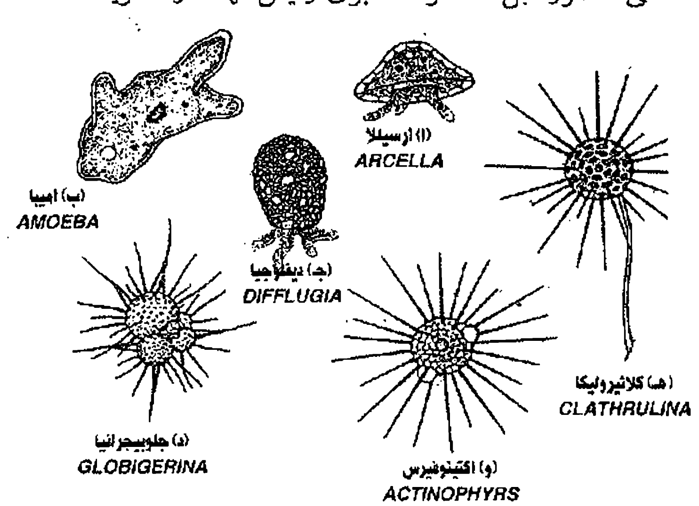
GRANULORETICULOSEA

رتبة الفورمينفريدا (الفورمينفرا)

FORAMINIFERIDA

من الأوليات الكبيرة وهى فى غالبها بحرية تعيش فى البحار ولعلها تُشكل أكبر كتلة حيوية من المجموعات الحيوانية على سطح الأرض، وتتميز بوجود صدفة عديدة الحجرات تتكون من مادة عضوية أو كلسية عادة من كربونات الكالسيوم وكمية قليلة من السيليكا وكبريتات الماغنسيوم. وتتميز الصدفة بأنها مثقبة لمرور الأقدام الخيطية والشبكية؛ لذلك أطلق عليها اسم المثقبات. وتستخدم أقدامها الكاذبة للقبض وهضم الفرائس ثم يُحمل الغذاء المهضوم إلى الداخل بالسريان البرتوبلازمى.

وفى الأشكال التى تكون فيها الصدفة عديدة الحجرات مثل جلوبيجرينا (شكل ٤ ـ ٢٠) تبدأ الأفراد حياتها فى حجرة واحدة تنمو بإضافة غرف إضافية كلما زاد الحيوان فى الحجم (لوحة رقم ٤ ـ ٣). وتتنوع الأصداف إلى أشكال عديدة (شكل ٤ ـ ٢٠، ٢٢) ذات أحجام متباينة. وفى السنوات الأخيرة اكتشفت بعض أنواع المثقبات عارية الأصداف. وتم ذلك بالدراسة البيولوجية الجزيئية للحيوان الأميبى، رتكيلالومكسيا فيلوزا ***Reticulalomyxa filosa*** واستنتج العلماء أن للمثقبات ذات الأصداف أنواعا بلا أصداف عاشت فى عصور قبل العصر الكمبرى وليس لها أثار حفرية.



شكل (٤ ـ ٢٠) *أنواع مختلفة من اللحميات:*

أ، ب، جـ ـ من جذريات القدم ـ ذوات الأقدام الفصية. هـ، و ـ من الأكتينوبودا ـ أقدام محورية.

د ـ من الحبيشبكيات ـ أقدام شبكية.

وتعيش الغالبية العظمى للمثقبات عند قعر البحار والمحيطات والتى تُكون تراكيب مميزة لرسوبيات القاع، ومن أمثلتها جلوبيجرينا *Globigerina* (شكل ٤ ـ ٢٠د) الذى يكون طرين **ooze** الجلوبيجرينا الذى يغطى ملايين الأميال المربعة من قعر المحيطات، والذى يصل إلى حوالى ٣٥٪ من مساحته. وينتج عن رسوبيات الجلوبيجرينا تكوين الحجر الجيرى. ومن المحتمل أن طرين الجلوبيجرينا قد ازداد من ١ ـ ١٢,٥ مم فى ألف عام، ويوجد حوالى ٥٠ ألف صدفة فى الجرام الواحد من الرواسب.

والجدير بالذكر أن الأحجار الضخمة لأهرام الجيزة بمصر قد شُكلت من رسوبيات الحجر الجيرى **limestone** الذى يتكون من أصداف أحد أنواع المثقبات وهو نيموليتس *Nummulites* (شكل ٤ ـ ٢٢جـ).

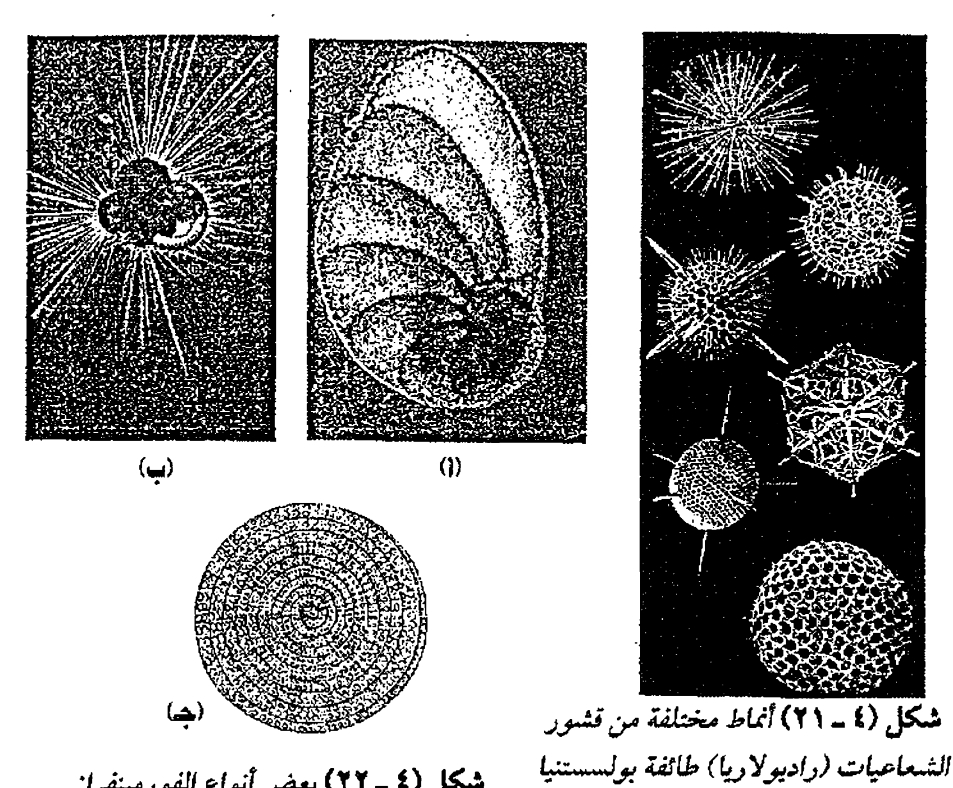
ويعتبر علماء الحفريات أن المثقبات مجموعة هامة من الكائنات التى يمكن بواسطتها تحديد العصر الچيولوچى الذى تكونت فيه. فبقايا أصدافها تكون تشكيلات هامة من العصر الأورديفيشى **Ordovician** حتى عصرنا هذا. وبذلك فإن حفريات المثقبات ذات أهمية قصوى فى تحديد العصور الچيولوچية التى تكونت فيها الرسوبيات التى يُحصل عليها عند التنقيب عن البترول. وفى تحديد العلاقات الطبيعية الطبقية بين آبار الحقول التى توجد فى حقل واحد أو فى حقول أو أحواض مختلفة.

الراديولاريا RADIOLARIA

(طوائف: أكانثاريا **Acantharea**، بوليستينيا **Polycystinea** وفيودوريا **(Phaeodarea**

إن مصطلح راديولاريا **Radiolaria** مصطلح قديم وقد لا يستعمل حاليا من قبل علماء التصنيف، ولكنه يشمل ثلاث رتب هى: بوليسيتينا (شكل – ٢١)، فيودوريا وأكانثاريا وكلها تنتمى إلى فوق طائفة الشعاعيات **Actinopoda**. وتشمل أحياء أولية طافية فوق سطح الماء **pelagic** فى البحر الطليق **open sea** إما فى المياه السطحية أو العميقة. ويتكون الجسم من جسم أو قرص مركزى قد يكون كرويا أو بيضاويا أو متفرعا يحيط بالجسم المركزى ويتشعب منه أقدام إبرية، وتُحاط المحفظة المركزية بغشاء رقيق مزود بثقوب تسمح باستمرارية الجزئين الداخلى والخارجى (شكل ٤ ـ ٢٣). وتخرج من المحفظة المركزية أقداما كاذبة صلبة يطلق عليها الأقدام المحورية **axopods** أو الأقدام الخيطية **filopods** والتى تتشعع على سطح الحيوان لتعطيه الشكل المميز (شكل ٤ ـ ٢٣). وعادة يكون الأندوبلازم عديد الأنوية ومنفصلا عن الأكتوبلازم بواسطة غشاء المحفظة. وتتكاثر الراديولاريا بالانشطار الثنائى أو المضاعف أو بتكوين الأبواغ.

وتتميز أصداف الراديولاريا بأنها سيليكية أقل ذوبانا فى الأعماق الكبيرة. وقُدْر سمك رواسبها البحرية بما يتراوح من ٧٠٠ ـ ٤٠٠٠ متر. ويوجد طرين **ooze**



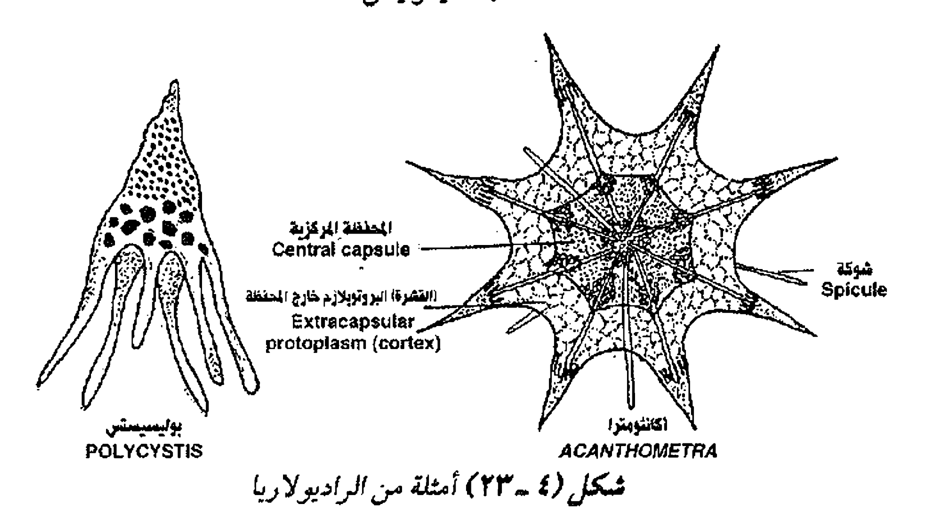
شكل (٤ ـ ٢١) *أنماط مختلفة من قشور الشعاعيات (راديولاريا) طائفة بولستنيا*
Polycystinea

شكل (٤ ـ ٢٢) *بعض أنواع الفورمينفرا:*

(أ) قشرة فراتبرليما ستراتا ***Vertebralima strata*** .

ب ـ أحد أنواع الفورمينفرا الحية توضح الأقدام الكاذبة التى تمتد من القشرة.

جـ ـ نيموليتس ***Nummulites***.



شكل (٤ ـ ٢٣) *أمثلة من الراديولاريا*

الراديولاريا عند أعماق كبيرة فى المحيطات (٤٥٠٠ ـ ١٠,٠٠٠ متر)، ويمكن أن يتحول إلى صخور رسوبية تُدفن تحت أنواع أخرى من الصخور وتكون الصوان غير النقى **chert**. وهى كالمثقبات مهمة من الناحية الچيولوچية وخاصة للمتخصصين فى التنقيب عن البترول. والجدير بالذكر أن الفورمينفرا والراديولاريا هى الأوليات الوحيدة التى سُجلت لها حفريات، فمثلا بعض أنواع الفورمينفرا من نيومالليدى **Nummulilidea** يصل قطرها ٢٥ مليمترا (شكل ٤ ـ ٢٢) وتكون عادة مصاحبة لطبقات البترول.

التصنيف

شعبة اللحميات SARCODINA

تتميز بوجود الأقدام الكاذبة فى الحيوان اليافع، يحتوى بعضها على أسواط خلال مراحل النمو، حرة المعيشة أو طفيلية وتشمل:

(أ) فوق طائفة: جذريات الأقدام RHIZOPODA

وفيها تتم الحركة بالأقدام الفصية أو الخيطية أو الشبكية أو الانسياب السيتوبلازمى دون تكوين أقدام كاذبة وأهم طوائفها الآتى:

١. طائفة: الفصيات LOBOSEA

الأقدام الكاذبة فصية أو خيطية لحد ما تنشأ من فص عريض؛ وهى وحيدة النواة عادة. ومن أمثلتها: الأميبا ***Amoeba***، وأنتاميبا ***Entamoeba***؛ وبوليمكسا ***Pelomyxa*** وارسيلا ***Arcella*** وديفلوجيا ***Difflugia***.

٢. طائفة: الخيطيات FILOSEA

الأقدام الكاذبة خيطية، وغالبا ما تكون متفرعة تتصل بعضها ببعض أحيانا، والأطوار السوطية غير ممثلة. ومن أمثلتها: يوجليفا ***Euglypha*** وهو جنس يعيش فى التربة ويتميز بوجود صفيحات أو قشور سيليكية، وجروميا ***Gromia***.

٣. طائفة: الحبيبشبكيات GRANULORETICULOSEA

تتميز بوجود أقدام كاذبة شبكية شبه شفافة، أو حبيبية دقيقة ونادراً ما تكون دقيقة النهايات، ولكن لا تتصل بعضها مع بعض. وتشمل رتبة الفورمينفرا ومن أمثلتها: جلوبيجرانا ***Globigerina*** (شكل ٤ ـ ٢٠د)، اللوجوروميا ***Allogromia*** ونيموليتس ***Nummulites*** (شكل ٤ ـ ٢٢جـ).

(ب) فوق طائفة: شعاعيات الأقدام اكتينوبودا ACTINOPODA

لحميـات هائمة، الأقدام الكاذبة محـورية وذات تركيب أنبوبى دقيق تـتشعب من جـسم كروى، الإندوبلازم عـديد الأنوية وينفصـل عن الإكتـوبلازم بواسطة محـفظة، وتشمل عدة طوائف هى:

١ ـ طائفة: أكانثاريا - الشعاعيات الشوكية ACANTHAREA

يتكون الهيكل من كبريتات الاسترانشيوم ويحتوى على ١٠ أو ٢٠ شوكة شعاعية تتصل بعضـها ببعض فى المركز، وتكون مرتبـة ترتيبًا هندسيا، والأقدام مـحورية فقط، وهى بحرية وغالبا ما تكون هائمة، ومن أمـثلتها أكانثومترا ***Acanthometra*** وليثوبترا ***Lithoptera***.

٢ ـ طائفة: بولسستينا POLYCYSTINEA

لحميات بحرية هائمة (بلاجية)، ويكون الغـشاء المحفظى إما مثقبًا بانتظام وبذلك تكون الأقدام المحورية لها توزيع منتظم أو تكون مرتبة فى دائرة أو دائرتين فقط عند أحد الأقطاب حيث تبرز الأقدام المحورية، ويكـون الهيكل من السيليكا، ويتكون من عناصر صلبة على هـيئة صـدفة شبكيـة أو أكثر بهـا أشواك متـشعبـة أو بدونها أو على هيـئة شويكات ومن أمثلتها: هكساكونتيم ***Hexacontium*** وثالاسيكوليا ***Thalasicolia***.

٣ ـ طائفة: فيوداريا PHAEODAREA

أوليات بحرية هائمة، تتميز بوجود ثلاثة ثقوب فى الغشاء الحوصلى، أحدها فى الناحيـة الفمية ويكون كـبيرا ويستـخدم كبلعوم خلوى واثنان لافـميان، أصغـر، حيث يخرج منهما الأنابـيب المحورية فى حزم. والهيكل عبارة عن أشواك مـفرغة تتكون من خليط من السيليكا والمواد العضوية. ومن أمثلتها أولاكانثا ***Aulacantha***.

٤ ـ طائفة: الحيوانات الشمسية ـ هيلوزوا HELIOZOEA

وهى أساسًا تعيش فى الميـاه العذبة، وإن كان بعضها بحـريا حيث تعيش بالقرب من الشـواطئ بين الطحالـب، وتخلو من الغشـاء المحـفظى مع وجود أقـدام محـورية متشـعبة، ولكن قد يوجـد لها أقدام خيطيـة. وقد يكون الإكتوبلازم الخـارجى عاريًا، يحتـوى على مواد هيكلية (سيليـكية) أو قشور كـيتينية أو قـشور فقط. ومن أمثلتـها: إكتـينوفـيرس ***Actinophrys*** (شكل ٢٠ و)، وإكتـينوسيـفريوم ***Actinosphaerium*** (لوحة رقم ٤ ـ ٣).

شعبة إبيكومبلكسا

Apicomplexa

كل أفراد هذه الشعبة طفيليات داخلية وتشمل ما لا يقل عن ٧٠٠٠ نوع، وتنتقل العدوى من حيوان لآخر بواسطة البوغيات (الجراثيم **spores**)، والتى تكون محاطة بأغطية تقاوم الظروف البيئية؛ لذلك فاسمها القديم هو الجرثوميات **Sporozoa**. ولكن في التصنيف الحديث أطلق عليها أبيكومبلكسا **APICOMPLOXA** حيث إن الأطوار المتحركة (سبروزيتات، ميروزيتات) تحتوى على مركب قمى **apical complex** والذى يوجد عادة فى مراحل تطورية معينة للطفيلى. كما توجد بعض التراكيب مثل العصى القمية **rhoptries** والخيوط الدقيقة **micronemes** التى تساعد على اختراق خلايا العائل وأنسجته. وفى عام ١٩٩٧ اكتشف العالمان فيشر وروس تركيبا فى سيتوبلازم الأبيكومبلسكا أطلقوا عليه إبيكوبلاست **epicoblast**، وهو عبارة عن حوصلة كروية الشكل يحتوى جدارها على أربعة أغشية، وهى مثل الميتوكوندريا والبلاستيدات تحتوى على مادة وراثية.

والأبيكومبلسكا تعدى كل أنواع الحيوانات حيث توجد فى كل تجاويف الجسم (القناة الهضمية، المثانة والسيلوم.... إلخ). أو قد تتطفل داخل الخلايا مثل الدم والكبد والعضلات وحتى طلائية القناة الهضمية. وتشترك الأبيكومبلاكسا فى صفات أساسية أهمها:

١ ـ لا تحتوى أطوارها اليافعة على أعضاء خاصة بالحركة، إذ إنها تتحرك بتقلصات الجسم بمساعدة لييفات متقبضة دقيقة، أو الانزلاق على سطح الجسم فى السائل الذى تعيش فيه. أما فى الأطوار المبكرة فقد يكون لها سوط أو أقدام كاذبة تتحرك بها.

٢ ـ التنفس والإخراج يتم بواسطة الانتشار البسيط.

٣ ـ يوجد طور معدى هو الطور البوغى (الجرثومى) **spores** الذى ينتقل من عائل لآخر.

٤ ـ التغذية رمية، ويحدث امتصاص مباشر للغذاء خلال سطح الجسم.

٥ ـ تاريخ الحياة معقد ويتضمن التكاثر الجنسى واللاجنسى. وعادة يتضمن ظاهرة تبادل الأجيال. ويطلق على الأفراد التى تتكاثر جنسيا الشزونتات **schizontes** التى تتكاثر بالانشطار المضاعف لتكون عدداً كبيراً من الميروزيتات **merozoites**، التى إما تتحول إلى شيزونتات تُعْدى العائل مرة أخرى أو تتحول إلى أفراد تتكاثر جنسياً. وتكون الأمشاج أو الجاميطات

gametes التى تكون متماثلة أو غير متماثلة. وتتحد الأمشاج لتكون الزيجوت zygote الذى ينقسم بالانقسام المضاعف ليكون البوغيات spores وهو الطور المعدى. ولا يوجد لمعظم الأبيكومبلكسا عائل متوسط، ولكن لبعضها وخاصة تلك التى تعيش فى الدم مثل البلازموديوم (الملاريا) عائل متوسط مثل البعوض أو الذباب أو ديدان العلق أو الحلم كنواقل لها.

ومن أمثلتها: البلازموديوم ***Plasmodium***، المونوسيستس ***Monocystis*** (شكل ٤ ـ ٢٥) والتوكسوبلازما ***Toxoplasma*** (شكل ٤ ـ ٢٦).

طائفة البوغيات SPOROZOA

بلازموديوم *Plasmodium*

تنتمى إلى طويئفة الكوكسيديا **Coccidia**، وهو أكثرها شهرة، فكل أفراد البلازموديوم طفيليات داخلية وتسبب مرض الملاريا الخطير والذى اكتشفه العالم لوفران **Loveran** عام ١٨٨٠. وللطفيلى عائلان؛ الإنسان هو العائل الأولى حيث تتم فيه عملية التكاثر اللاجنسى. والبعوض من جنس أنوفليس ***Anopheles***، وهو العائل الثانوى حيث تتم فيه عملية التكاثر الجنسى. وتعمل البعوضة كناقل للطفيلى حيث تنقله من شخص لآخر، كما أن القردة تحمل الملاريا التى يمكن أن تنقلها للإنسان وتعتبر كعوائل خازنة للطفيلى.

تاريخ الحياة (شكل ٤ - ٢٤)

تمر بطورين: الطور الأول لاجنسى ويحدث فى الإنسان ويطلق عليه عملية تكوين الميروزيتات أو الانشقاق **merogony**، أما الطور الآخر الذى يتضمن عملية تكوين الجاميطات **gemogony** وتكوين الطور المعدى فيحدث فى البعوضة ويتم ذلك بالعمليات الآتية: .

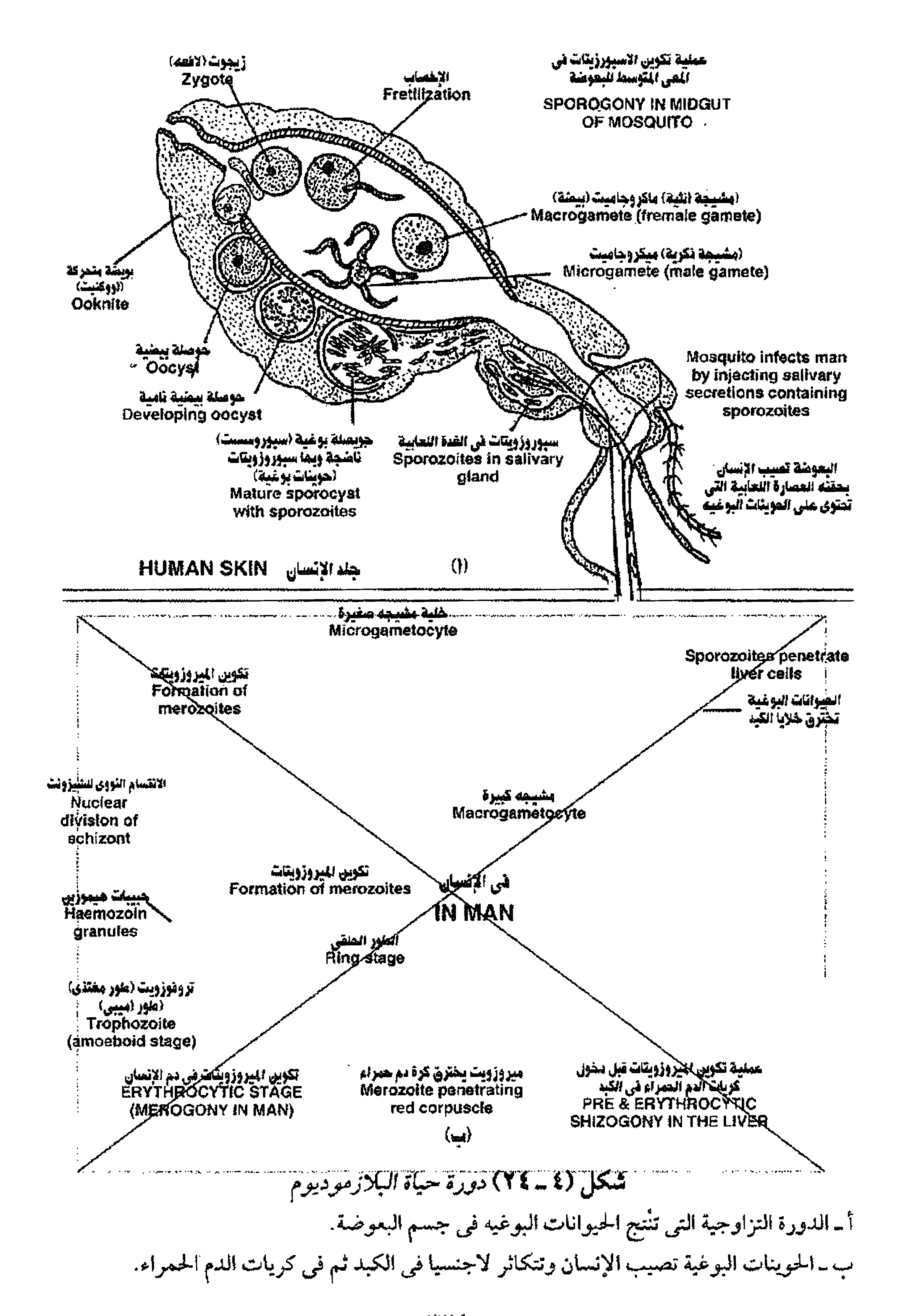
أولا: عملية تكوين الميروزيتات (الانشقاق) Merogony؛ وتتم فى الإنسان وغيره من الفقاريات وتمر بمرحلتين:

أ ـ الطور النسيجى: ويتم خارج كريات الدم الحمراء. ويبدأ عندما تعض أنثى البعوض جنس الإنوفليس الحاملة للطور المعدى للطفيلى وهو الأسبوروزيتات أو الحوينات البوغية **sporozoites** التى توجد فى لعاب البعوضة، وهى خلايا دقيقة الحجم منجلية الشكل تحتوى على نواة بيضاوية، وتجد طريقها إلى الدم، وفى الحال

تُحمل الأسبوروزويتات إلى الكبد، أما فى الحيوانات الأخرى فُتحمل إلى الطلائية الشبكية مثل الطحال (أو الكلية أو القلب) حيث تغزو الخلايا. . وبذلك تختفى الأسبوروزويتات من الدم بعد نصف ساعة. وداخل خلايا الكبد يتغذى كل أسبوروزويت وينمو بسرعة ويتحول إلى طور الشزونت **schizont**، والذى ينقسم بالتبرعم المضاعف ليكون عددًا كبيرًا من الميروزويتات المنجلية الشكل. ثم ينفجر الميرونت (الشيزونت) ويؤدى إلى إطلاق الميروزويتات التى تملأ الخلايا الكبدية، وهذه بدورها تنفجر وتنطلق منها الميروزويتات فى الجيوب الكبدية. وتقوم الخلايا الاكولة بتدمير البروتوبلازم المتبقى، وبذلك لا تُطْلق أى توكسينات فى الدم ولا ترتفع درجة الحرارة فى هذا الطور من تاريخ الحياة والذى يطلق عليه الطور قبل كريات الدم الحمراء **pre - erythrocytic stage** (شكل ٤ ـ ٢٤). ولقد اكتشف هذا الطور العالم شورت وزملاؤه .**Short *et al.*** عام ١٩٤٨ فى خلايا الكبد فى القردة ثم الإنسان. ويطلق على هذه الفترة التى تستمر من ٦ ـ ١٥ يوما طبقا لنوع البلازموديم فترة الكمون أو الحضانة **prepatent** وبعد هذه الفترة تغزو الميروزويتات كريات الدم الحمراء.

ب ـ طور كريات الدم الحمراء **erythrocytic stage**: بمجرد انطلاق الميروزويتات فى الدم يغزو كل ميروزويت كرية دموية حمراء وعادة تكون غير ناضجة. ويتحول الميروزويت داخل الكرية الحمراء إلى طور مغتذى ـ التروفوزويت **trophozoite** (شكل ٤ ـ ٢٤) وهو قرصى الشكل يتغذى على بروتوبلازم كرية الدم الحمراء ثم يتحول إلى شكل حلقى بعد ظهور فجوة مركزية تدفع النواة إلى الجانب. ثم يتحول هذا الطور إلى الشكل المغتذى الأميبى الذى يتغذى باللقم الخلوى (الارتشاف) ويملأ كرية الدم الحمراء. ويتكون داخل الطفيلى صبغ داكن من حبيبات الهيموزيون **haemozoin** الذى تُنتج عن هدم الهيموجلوبين. ثم يفقد الطور الأميبى نشاطه ويتحول إلى الميرونت **meront** أو شيزونت، والذى ينقسم بالانشقاق المضاعف إلى ٣٦ ميروزويت تبعا لجنس البلازموديوم. ثم تنفجر كريات الدم الحمراء حيث تنطلق منها الميروزويتات والبروتوبلازم المتبقى ونفايات عملية الأيض والتوكسينات والهيموزيون الذى يتراكم فى الكبد والطحال وغيرها من الأعضاء. ولما كانت كريات الدم الحمراء تنفجر فى وقت متزامن؛ لذلك يصاحب هذا الطور الشعور بالحمى والقشعريرة التى يعقبها إفراز عرق غزير والأعراض المميزة لمرض الملاريا.

ثم تهاجم الميروزويتات كريات دم حمراء جديدة وبذلك تتكرر عملية تكوين الشيزونتات **schizogony**، والتى تختلف طولها من نوع إلى آخر. وأن الفترة منذ عض البعوضة المعدية وظهور الأعراض المرضية تكون عادة أطول من فترة الحضانة **prepatent** بثلاثة أيام. وتختلف تلك الفترة من نوع لآخر كالآتى:



شكل (٤ ـ ٢٤) دورة حياة البلازموديوم

أ ـ الدورة التزاوجية التى تنتج الحيوانات البوغيه فى جسم البعوضة.

ب ـ الحوينات البوغية تصيب الإنسان وتتكاثر لاجنسيا فى الكبد ثم فى كريات الدم الحمراء.

١ ـ بلازمـوديوم فيفـاكس *Plasmodium vivax*: تكون الفتـرة من غـزو الميروزويتات لكريات الدم الحمراء حتى انطلاق الميروزويتات ٤٨ ساعة، وتسبب الملاريا الثلاثية الحميدة **bengin tertian malaria** حيث تظهر الأعراض فى اليوم الثالث.

٢ ـ بلازموديوم أوْفالي *Plasmodium ovale*: وله نفس الفتـرة وهى ٤٨ ساعة وتسبب ملاريا أوفالي الثلاثية **ovale tertian malaria**.

٣ ـ بلازمـوديوم مـلاريا *Plasmodium malariae*: وتكون فـتـرة تكوين الميروزويتات ٧٢ ساعة وتسبب الملاريا الرباعية **quartan malaria**.

٤ ـ بلازموديوم فلسـيبارم *Plasmodium falciparum*: وهى أكثر أنواع الملاريا شيـوعا حيث تبلغ الإصـابة به حوالى ٥٠٪ من كل الإصـابات فى العالم. وتستـغرق الدورة الميرجونيـة (الميروزويتـية) ٣٦ ـ ٤٨ ساعـة، وتـسبب الملاريا الـثلاثـية الخـبيثة **subtertian pernicious malaria**، وهى حمى متـقطعة غير منتظمة تنقلهـا بعوضة أنوفليس جـامبـيا *Anopheles gambiae*. وهى أخطر أنواع الملاريا، على الإطلاق، وقد تؤدى إلى الوفاة إذا لم تُعالج.

وخلال الطور فى كسريات الدم الحمراء، تغزو بعض الأنواع (مـا عدا بلازموديوم فلسبارم) خلايا الكبد أو الطحال مرة ثانية حيث تقوم بعملية تكوين الميروزويتات، ويُطْلق على هذا الطور مـا بعـد كريات الـدم الحمراء **post - erythrocytic stage**. وبذلك يعمل الكبد كمخزن للطفيلى. مما يؤدى إلى ظـهور أعراض المرض مرة أخرى. فيبدو أن المريض وقد شـفى ولكن عندما تقل مقـاومته أو مناعتـه تحصل انتكاسة أخـرى ولو بعد سنوات.

ثانيا: تكوين الأمشاج ـ الجاميطات Gamogony (شكل ٤ ـ ٢٤)

تبدأ الدورة الجنسـية داخل جـسم الإنسان، ثم تتم داخل جسم البعوضـة. فبعض الميروزويتات بدلا من أن تستـمر فى عملية تكوين الشيزونتات، تتكور وتبـقى متماسكة وتنمو ببطء داخل كريات الدم الحمراء وتعطى نوعين من الخلايا المشيجية: خلايا مشيجية كبيرة **macrogametocytes** ذات سيتوبلازم محبب ونواة بالقرب من المحيط، وخلايا مشيجية صغيرة **microgametocytes** ذات حجم صغير وسيتوبلازم رائق ونواة مركزية كبيرة. وتبقى مكونات الأمشاج (الجامـيطات) فى دم الإنسان غير نشطة، ولكنها تستمر فى التكوين عند وجودها داخـل العائل المتوسط (الثانوى)، فـعندما تمتص البعـوضة دم المريض الذى يحتوى على جميع الأطوار، فيتم هضم جـميع الأطوار فى معدة البعوضة ما عدا الخلايا المشيجية (الجامطية) **gametocytes**. ثم تنقسم كل خلية مشيجية صغيرة

(ميكرو جاميتوسيت) بواسطة عملية يُطْلق عليها. خروج الأسواط **exflagellation** وينتج عنها تكوين ٤ ـ ٨ خلايا مشيجية ذكرية طويلة ونحيلة. أما الخلية المشيجية الكبيرة (ماكروجاميتوسيت) فيكون التغير فيها طفيفًا إذ تأخذ الشكل الكروى وتفقد النواة بعضًا من محتوياتها، ثم تبرز نحو الخارج مع السيتوبلازم وبذلك تتكون الخلية الأنثوية **macrogamete**. ولما كان المشيج الصغير نشطا وله القدرة على الحركة فإنه يخترق المشيجة المؤنثة ويؤدى إلى إخصابها وتكوين الزيجوت، ثم يتحور الزيجوت إلى طور متحرك يطلق عليه آووكنيت ـ البويضة المتحركة **ooknite** الذى يغزو الأمعاء وينمو ليكون الحوصلة البيضية **oocyst**.

ثالثا: تكوين الحوينات البوغية. الأسبوروزويتات Sporogony

تنقسم الخلية البيضية لاجنسيا حيث يتكون داخلها آلاف من الحوينات البوغية **sporozoites** وتستغرق عملية تكوين الأسبوروزويتات داخل البعوضة من ٧ ـ ٢٠ يومًا طبقًا لدرجة الحرارة. وبمجرد أن تنضج الخلية البيضية فإنها تنفجر وتنطلق الأسبوروزويتات (الحوينات البوغية) فى تجويف جسم الحشرة، ثم تهاجر إلى الغدد اللعابية حيث تتجمع فى تجويف الغدد اللعابية وبذلك تصبح البعوضة معدية (شكل ٤ ـ ٢٤).

الصفات التكيفية لطفيلى البلازموديوم لحياة التطفل

١ ـ حجم الطفيلى وتركيبه يلائم إمكان معيشته بسهولة داخل خلايا الأنسجة وكريات الدم الحمراء.

٢ ـ تتضمن دورة الحياة تكاثراً لاجنسيًّا وجنسيًّا، وتؤدى إلى تكوين أعداد هائلة من الطفيلى فى كل من عائله الأساسى والمتوسط.

٣ ـ وجود عائل متوسط أو ناقل وهو حشرة ماصة للدماء تعمل على انتشار الطفيلى، فهى لا تنقل الطفيلى من إنسان إلى آخر فحسب، ولكنها تعمل على انتشار الطفيلى إذا مات العائل الأساسى أو إذا تكونت لديه مناعة بيولوجية.

مقاومة الملاريا: توجد ثلاث خطوات هامة فى المقاومة هى:

١ ـ معالجة المرضى باستخدام العقاقير الحديثة وخاصة قد اكتسب الطفيلى مناعة ضد الكثير من العقاقير الشائعة.

٢ ـ حماية الإنسان من العدوى باستخدام ستائر أو شبابيك تمنع دخول البعوض، أو دهن الأجزاء العارية من الجسم بواسطة طارد للبعوض، أو باستخدام العقاقير للوقاية من العدوى.

٣ ـ عمل خطة قومية للقضاء على العائل المتوسط:

أ ـ باستخدام المبيدات الحشرية لقتل البعوض فى أماكن توالده.

ب ـ مقاومة توالد البعوض ويتم ذلك بتصريف المياه الراكدة، أو ردم البرك والمستنقعات حيث يتوالد البعوض.

ج ـ رش سطح تلك الأماكن بمادة فعالة تقتل الأطوار المبكرة للبعوضة.

د ـ بالمقاومة البيولوجية بإدخال الأعداء الطبيعيين مثل الأسماك ـ سمكة الجامبوزيا ـ التى تتغذى على يرقات وعذارى البعوض.

٢.المونوسيستس *Monocystis*

طفيلى كوكسيدى يتطفل على التوتية المنوية **sperm morula** لديدان الأرض حيث يتغذى الطفيلى على بروتوبلازم الحيوانات المنوية التى تذبل ولا يبقى منها سوى ذيولها التى تحيط الطفيلى (شكل ٤ ـ ٢٥) والطور المغتذى للطفيلى ـ تروفوزويت **trophozoite** يكون على شكل السيجار مُغطى بقشرة مخططة يليها إكتوبلازم رائق يحيط بأندوبلازم حبيبى وأكثر سيولة ويحتوى على نواة كبيرة، ويتميز الإكتوبلازم بوجود خيوط دقيقة متقبضة والتى تمتد فى مسار طولى ومائل (شكل ٤ ـ ٢٥). وبواسطة انقباض وانبساط تلك الخيوط والتى تدفع الأندوبلازم من طرف إلى آخر يتحرك الطفيلى بأسلوب يطلق عليه الحركة الجرايجارانيه **gregarian movement**، ويتغذى المونوسيستس بامتصاص السائل المغذى للحيوانات المنوية فى الحويصلات المنوية، ويتم الامتصاص عن طريق سطح الجسم.

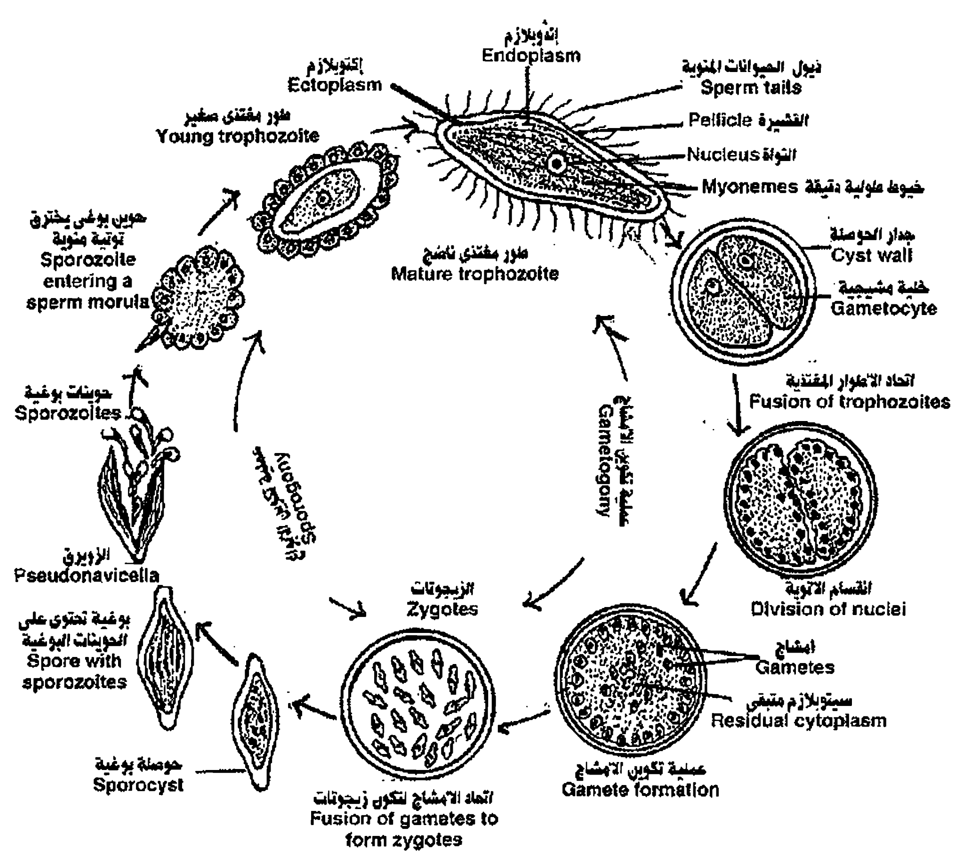
دورة الحياة

تبدأ دورة الحياة بتزاوج تروفوزويتان (طورين مغتذيين) اكتمل نموهما والذى يُطْلق عليهما الخلايا المشيجية **gametocytes**. ويفرز كل زوج من الخلايا المشيجية (الجاميتوسيتات) ـ والتى تأخذ حدودًا مستديرة ـ حوصلة ذات جدارين، وتنقسم كل منهما بالانقسام المضاعف (شكل ٤ ـ ٢٥) ـ ولابد أن يكون أحد هذه الانقسامات اختزاليا ـ حيث تحتوى كل نواة منها على نصف العدد من الكروموسومات. ويحيط بكل نواة طبقة رقيقة من السيتوبلازم ويطلق عليها الأمشاج (الجاميطات **gametes**) وكلها متماثلة والتى تهاجر إلى محيط الحوصلة تاركة جزءًا متبقيًا من السيتوبلازم فى

المركز. ثم يختفي الغشاء بين الخلايا المشيجية **gametocytes**. ثم تتحد الأمشاج الناتجة من أحد الفردين بالأمشاج الناتجة من الفرد الآخر. ويؤدى ذلك إلى تكوين عدد كبير من الزيجوتات (شكل ٤ ـ ٢٥) التى يطلق عليها السبورونتات **sporonts**. ويُفرز حول كل أسبورنت غشاء واقى قرنى زورقى الشكل يطلق عليها حويصلة الزيجوت، ويعرف هذا الطور بالزويرق **pseudonavicella** (وذلك لمشابهته للدياتوم من نوع ***Navicella***). وينقسم السبورنت داخل غلافة ثلاث مرات متتالية ليعطى ثمانية سبوروزيتات ـ حوينات بوغية **sporozoites** منجلية الشكل (شكل ٤ ـ ٢٥). ثم تنفجر الحويصلة المشيجية **gametocyst** وتنطلق الزويرقات للخارج أما من خِلال القناة المنوية، أو تسقط فى تجويف جسم الدودة التى يعيش داخلها الطفيلى وتتجمع فى العقلة الأخيرة من جسمها، أو بعد موت دودة الأرض المصابة أو انفصال أجزاء منها أو عندما تأكل إحدى الطيور ديدان الأرض المعدية، ففى كل الحالات تمر البوغيات إلى التربة أو عن طريق براز الطيور حيث تبقى فيها وعندما تبتلع إحدى ديدان الأرض هذه الزويرقات الكاذبة تذوب الحويصلة الجرثومية فى القناة الهضمية، وتنطلق الأسبوروزيتات (الحوينات البوغية) والتى تخترق جدار القناة الهضمية إلى تجويف الجسم ومنها إلى الحويصلات المنوية حيث يغزو كل حوين بوغى حزمة من أمهات الخلايا المنوية **sperm mother cells** ويبدأ فى التغذية ويتحول إلى التروفوزيت، وتتكرر دورة الحياة. وقد يقلل الطفيلى من خصوبة ديدان الأرض التى يصيبها، ويؤدى إلى تقليل كثافتها وإعدادها فى التربة مما يؤثر على خصوبتها لأنها تعمل على تهوية التربة وإثرائها بالمواد العضوية وتقليبها.

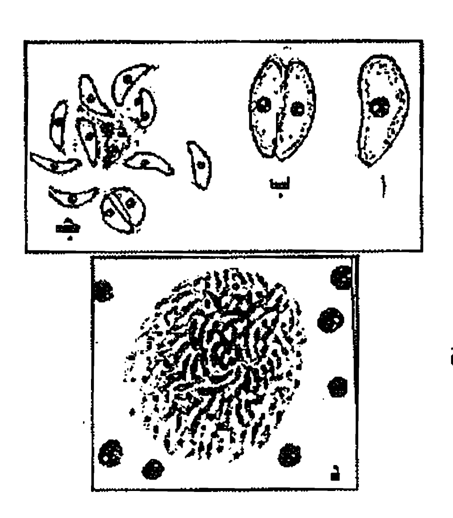
٣.التوكسوبلازما *Toxoplasma*

طفيلى كوكسيدى يُعرف منها توكسوبلازما جونداى ***Toxoplasma gondii*** الذى ينتشر بين العائلة القطية حيث يتم معظم دورة حياته بتكوين الجاميطات والحويصلات البيضية. وهو طفيلى عديم السوط منجلى الشكل يتراوح طوله من ٤ إلى ٧ ميكرون، واحد طرفى الجسم المدبب حاد أما النهاية الأخرى فهى مستديرة (شكل: ٤ ـ ٢٦). ويمكن تمييز نواة مستديرة فى وسط الخلية كما توجد بالسيتوبلازم فجوات دقيقة، أما الغشاء الخلوى فهو غير واضح المعالم، وأمكن باستخدام المجهر الإلكترونى ملاحظة خيوط رفيعة جدا على سطح الطفيلى ممتدة خارج الجسم.



شكل (٤ ـ ٢٥) دورة حياة طفيلى المونوسيستس

Monocystis



شكل (٤ ـ ٢٦) توكسوبلازما جونداى

Toxoplasma gondii

أ ـ أحد الطفيليات.

ب ـ الانقسام الثنائى الطولى.

جـ ـ حويصلة كاذبة متحللة (pseudocyst) من نسيج أحد الفئران.

د ـ حويصلة من مخ أحد الأطفال.

وتُعدى القطط عند ابتلاعها الحويصلات البيضية **oocysts** والتى تحتوى على البوغيات ويُطلق عليها الحويصلات الكاذبة **pseudocysts**. ويُطلق مصطلح الحوصلة الكاذبة على الأطوار التى تتكاثر بالتضاعف، بينما تُطلق اسم الحوصلة على الطور الساكن الذى يستمر لفترة طويلة، ويجعل عدوى التوكسوبلازم تستمر طول حياة الطفيلى. وتتكون الحوصلات الكاذبة فى أنسجة الطيور والثدييات (القوارض والماشية والإنسان) التى تعمل كعوائل متوسطة. وتُطلق الحوصلات البيضية مع براز القطط فى طور مبكر من النمو ويتم تكوين البوغيات خارج العائل بعد بضعة أيام. وتنتقل العدوى للإنسان أساسًا من الحيوانات المستأنسة. ويدخل الطفيلى عن طريق الأيدى أو الطعام الملوث أو الخدوش الموجودة فى الجلد أو الغشاء المخاطى المبطن لتجويف الفم. وتلعب الكثير من الحشرات (مثل الذباب والصراصير) دورًا فى نشر الحوصلات البيضية، وعندما يبلع العائل المتوسط تلك الحوصلات (وهى الحيوانات آكلات الأعشاب أو متنوعة الغذاء مثل الإنسان والفئران) تنطلق الحوينات البوغية (السبوروزويتات) فى الأمعاء، ثم تخترق خلايا الجهاز الشبكى الطلائى حيث تتكاثر بالانشطار الثنائى لتكون الحوصلات الكاذبة التى تحتوى على الميروزويتات (شكل ٤ - ٢٦). وتنطلق الميروزويتات فى الدم واللمف حيث تُحمل للأعضاء المختلفة. ولا تسبب التوكسوبلازما أثارًا مرضية يعتد بها إذ قد تظهر على شكل ضعف فى الصحة، أو قد تسبب الإصابة بأمراض خطيرة مصحوبة بارتفاع فى درجة الحرارة. فيما عدا إذا أصيبت امرأة أثناء الحمل فقط تمر الميروزويتات عبر المشيمة إلى الجنين المتكون وتؤدى إلى تلف خطير مما يؤدى إلى الإجهاض أو تسمم توكسوبلازمى سواء للجنين أو للأطفال المولودين. وذلك بسبب تكوين حوصلات تحتوى على عدد كبير من الميروزويتات فى المخ (شكل ٤ - ٢٦) والخلايا العضلية. وعندما يأكل العائل المتوسط الثانى (وهى اللواحم والإنسان) اللحوم النيئة أو غير المطبوخة جيدًا تتكرر الدورة مرة ثانية حيث تتكون حوصلات نسيجية ثانوية ولا ينتقل التوكسوبلازم من إنسان إلى آخر، والحالة الشاذة هى انتقاله من الأم إلى الجنين.

التصنيف

تشمل شعبة الأبيكومبلاكسا طائفة واحدة ينتمى إليها ثلاث طويئفات:

طائفة البوغيات الجرثوميات SPOROZOA - TELOSPOREA

الطفيلى البالغ له نواة واحدة وتخلو البوغيات من المحفظة والخيط القمى، التركيب القمى جيد التكوين، الحوينات البوغية (الأسبوروزويتات) إما واحدة أو عديدة

ونحيلة. وفى الأنواع التى يوجد فيها عائلان تكون الاسبوروزيتات عارية بدلا من البوغيات. وتشمل ثلاث طويئفات:

١.طويئفة: جرايجارانيا GREGARINIA - GREGARINA

طفيليات تتطفل خارج الخلايا، وأساسا فى تجاويف اللافقاريات (مثل ديدان الأرض ومفصليات الأرجل) والحبليات الدنيا مثل الغلاليات **tunicates**. تتميز بوجود عائل واحد فقط. ويكون الترفوزويت الناضج دودى الشكل. ومن أمثلتها الجرايجارينا ***Gregarina*** والمونوسيستس ***Monocystis***.

٢.طويئفة: كوكسيديا COCCIDIA

معظمها متطفل داخل خلايا اللافقاريات والفقاريات وعلى الخصوص فى الطلائية المعوية لكثير من الفقاريات (الدواجن، الثدييات، والكثير من الحيوانات البرية). وكذلك توجد فى القنوات الصفراوية، الكلية والخصية، والأوعية الدموية والسيلوم. ومن أمثلتها: الأيميريا ***Eimeria***، ساركوسيتس ***Sarcocystis***، التوكسوبلازما ***Toxoplasma***، والبلازموديوم ***Plasmoduim***.

٣.طويئفة: بيروبلازميا PIROPLASMIA

وهى طفيليات كروية أو مغزلية أو عصوية الشكل أو أميبية تتطفل على خلايا الدم الحمراء للفقاريات، الجسم القمى مختزل، ولا توجد الأبواغ. ومن أمثلتها بابيزيا بايجيمنا ***Babesia bigemina***، والتى تسبب حمى تكساس للماشية، وكذلك بابيزيا بوفوس ***B. bovis*** التى تصيب الماشية فى أوروبا.

شعبة الهدبيات

CILIOPHORA

تُعتبر الهدبيات من أكبر مجاميع الأوليات وكلها تتميز بوجود الأهداب أو تراكيب هدبية معقدة تُستخدم فى الحركة والحصول على الغذاء، وقد يخلو البعض منها من الأهداب فى الطور اليافع. والتركيب الدقيق للأهداب يماثل تركيب الأسواط إذ يتكون كل هدب من مطرق **matrix** محاط بغشاء رقيق يتصل بغشاء الخلية، ويحتوى المطرق على ١١ لييفة طولية تمتد بطول الهدب، منها لييفتان مركزيتان تحاطان بتسعة أزواج من اللييفات المحيطية (شكل ٤ ـ ٢). وكما سبق وذكرنا بأن وجود تماثل فى تركيب الأسواط والأهداب يدل على أن الهدبيات قد نشأت من السوطيات.

وتتميز الهدبيـات بوجود جهاز هدبى معقد يتكون من حبيبـات قاعدية أو أجسام حركية يصاحبها جهاز من أنيبيات دقيقة تحت القشيرة **pellicle**، ومتصلة بعضها ببعض بليبفات طوليـة، كمـا تتميـز الهدبيـات بوجود فم للخليـة أو فم خلوى **cytostome** وبلعوم خلوى **cytopharynx**. أما الأنوية فهى غير متـماثلة حيث يوجد نوعان: نواة خضرية كـبيرة لها القدرة على تخليق الرنا والدنا وتخـتص بجميع العمليات الحـيوية ما عدا التكاثر؛ ونواة تكاثرية صغيـرة (شكل: ٤ ـ ٢٧) لها القدرة على تخليق الدنا فقط. ويتم التكاثر اللاجنسى بالانشطار الثنائى المستعرض، أما التكاثر الجنسى فلا يتضمن على الإطلاق تكوين الأمشاج **gametes** بل تتم بعملية خاصة هى الاقتران **conjugation**.

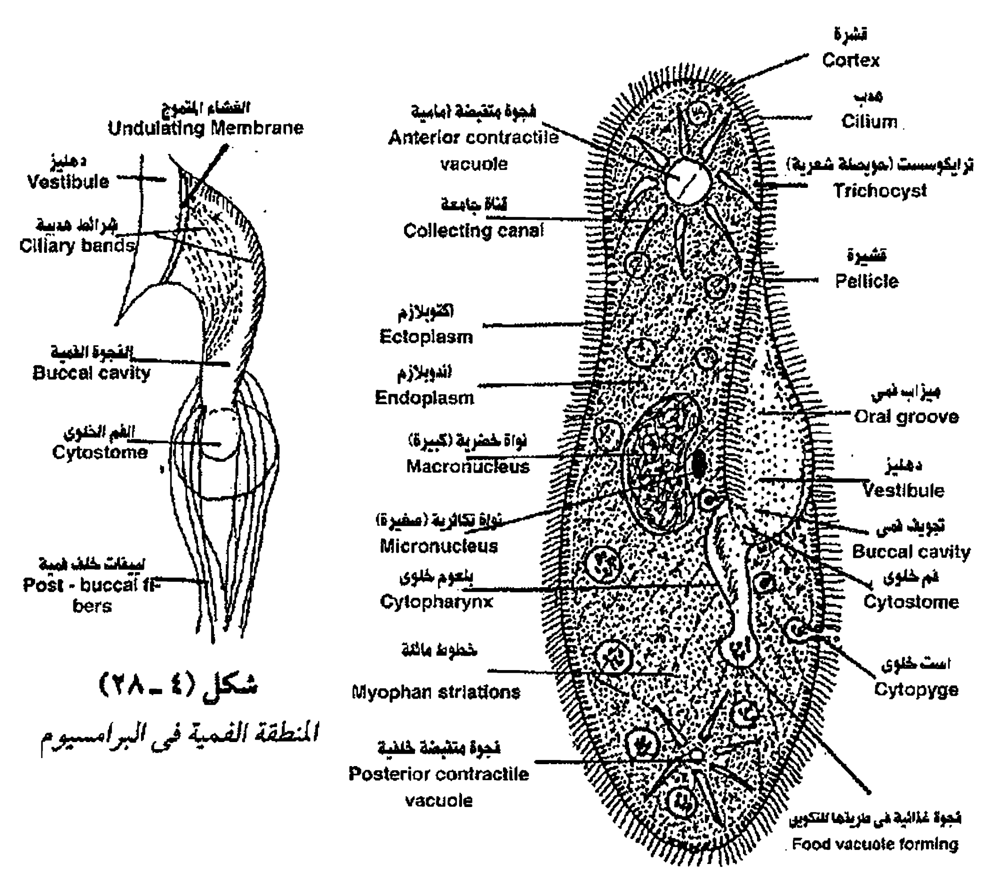
وتنتشـر الهدبيات فى كل البيئات المائية: مـياه عذبة أو قليلة الملوحة أو مـالحة، وغالبيتهـا العظمى حرة المعيشة والبعض يعيش معيـشة تكافلية أو تكون متطفلة. وبعض الهدبيات تعـيش فرادى. والبعض الآخر جالس (مُثـبت). والهدبيات تتنوع فى الشكل والحجم ويتراوح طولها من ١٠ ـ ١٢ ميكرونا إلى نحو ٣ مليمتر.

ومن أمثلة الهـدبيات: البرامسـيوم ***Paramecium***، والبلانتديوم ***Balantidium*** والنيكتوثيرس ***Nyctotherus***، الفورتيسللا ***Vorticella***، يوبلاتوس ***Euplotes*** وستنتور ***Stentor*** (شكل ٤ ـ ٣٦ لوحة رقم ٤ ـ ١)، وكولبودا ***Colpoda*** (لوحة رقم ٤ ـ ٢).

برامسـيـوم *Paramecium*

ينتشـر البرامسيـوم (لوحة رقم ٤ ـ ١) فى المياه العـذبة وذات الملوحة المنخفـضة الغنية بالبكتريا والمواد العـضوية المتحللة ومياه الصرف الصـحى، والنوع الشائع فى المياه المصـرية هو برامسـيـوم واشـترمـانى ***Paramecium wichtermani***. ويتراوح طول البرامسـيوم من ١٥٠ ـ ٣٠٠ ميكرون، وهو يشـبه الخف لذا يطلق عليهـا حوين الخف **slipper (sole) animacule**، وله طرف أمامى وآخر خلفى مدبب لحد ما (شكل: ٤ ـ ٢٧ ولوحة رقم ٤ ـ ١). ويغطـى الجسم قشـيرة **pellicle** معـقدة حيـة ومرنة تعطى الحيـوان شكله المميـز. وللحيـوان مظهر غـير منظـم حيث يوجد عـلى أحد سطحـيه المفلطحين ميزاب ضحل هو الميزاب الفمى **oral groove** الذى يمتد من السطح الأمامى مائلا ناحيـة الخلف وينتهى بفم الخلية **cytostome** والذى يفتح فى أنبوبة تشـبه القمع وهو البلعوم الخلوى **cytopharynx** الذى يمتد داخل الإندوبلازم، ويطلق على السطح الذى يحتوى على الميزاب الفمى بالسطح الفمى يقابله السطح اللافمى. ويوجد فى نهاية البلعـوم الفجوات الـغـذائية. ويُبـطن التـجويف الفـمى بغشـاء متـموج **undulating**

membrane (شكل ٤ ـ ٢٧، ٢٨) يتكون من صف من الأهداب المتصلة بعضها ببعض لتكون صفيحة رفيعة تسبب حركتها سحب الطعام إلى البلعوم الخلوى. إضافة إلى ذلك توجد بعض الأغشية التى تتكون بالتحام صفوف من الأهداب القصيرة وبعضها يمتد فى البلعوم الخلوى.

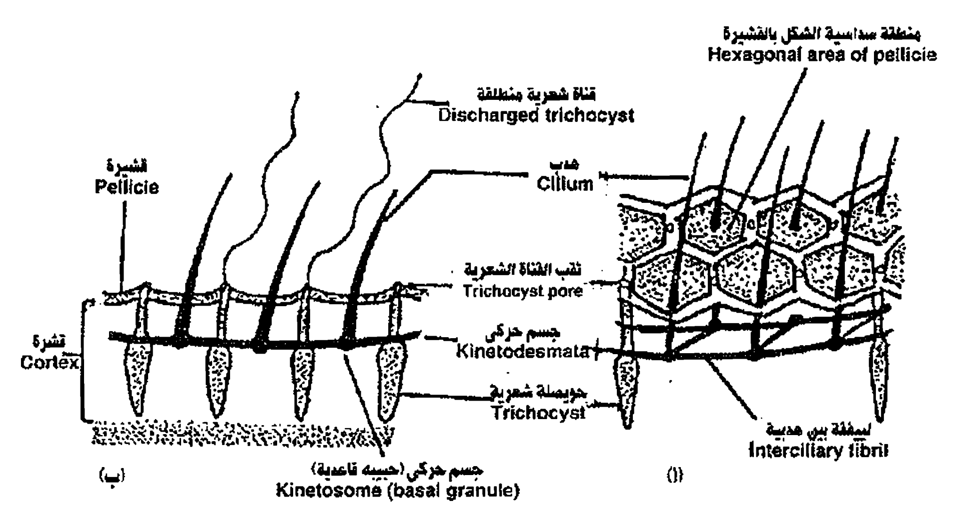


شكل (٤ ـ ٢٨)
المنطقة الفمية فى البرامسيوم

شكل (٤ ـ ٢٧) *برامسيوم*
Paramecium

ويتكون جسم البرامسيوم من طبقة خارجية هى الإكتوبلازم وداخلية هى الإندوبلازم. ويغطى الإكتوبلازم قشيرة صلبة جامدة ولكنها مرنة تُعطى الحيوان شكله المميز، ولكنه يمكنه أن ينثنى أو يزج بنفسه فى ممرات ضيقة. وتتركب القشيرة من ثلاثة أغشية: الخارجى يغطى كل الجسم والأهداب، أما الأوسط والداخلى فيتكون من جهاز

فيسفائي من النقر **alveoli**. والوحدة الأساسية هي الكريات (المحافظ) الهدبية **ciliary corpuscles** والتي تكون سداسية الشكل مرصوصة بعضها بجوار بعض (شكل: ٤ - ٢٩أ)، وتُكون الطبقة الخارجية للجهاز القشيري. وتتركب كل كرية من غشاء محيطي خارجي وآخر داخلي حول قاعدي **peribasal**، يحيط بفجوة حول قاعدية، ويبرز هدب أو اثنان من نقرة مركزية مستطيلة يُطلق عليها الفراغ حول الهدبي. ويتبادل مع الكريات الهدبية أجسام قنينية (مخروطية) الشكل هي الترايكوسيستات **trichocysts** التي تُكون طبقة ثانية للجهاز القشيري (شكل ٤ ـ ٢٩). وتعتبر الحويصلات الشعرية ـ مميزة للكثير من الهدبيات، وهي منتشرة على سطح البرامسيوم ويؤدي انفجارها إلى بروز خيوط طويلة مخططة، ويتم ذلك في خلال بضع مليثواني. وقد كان يُعتقد أن انطلاق الترايكوسيستات (الحويصلات الشعرية) يتم بالامتصاص المفاجئ للماء. ولكن اتضح أخيرا أن تركيب المحور (القنصبة **shaft**) ينتج من عملية ترتيب جزيئي. ويستخدم البرامسيوم الحويصلات الشعرية في تثبيت الحيوان على أي مرتكز بينما يتغذى على البكتريا وغيرها من الكائنات الدقيقة؛ أو في الدفاع. وفي بعض أنواع الهدبيات مثل ديلبتس (شكل ٤ ـ ٣٦جـ) ***Dileptus*** توجد حويصلات سمية **toxicysts** ينطلق منها السم لكي تشل الفريسة، والحافز إلى انطلاق تلك الحويصلات هو الإثارة الميكانيكية أو الكيميائية التي تؤدي إلى انفجارها.



شكل (٤ ـ ٢٩)

أ ـ رسم تخطيطي يوضح جزءا من الجهاز الحركي العصبي، الترايكوسيست والأهداب في البرامسيوم.
ب ـ الجهاز تحت الهدبي والتراكيب المصاحبة.

وتشبه الأهداب الأسواط في تركيبها ولكنها عادة أكثر عددًا وأقصر كثيرًا، ويوجد منها عدة أنواع: الأهداب الجسمية التي تغطى جسم الحيوان بانتظام؛ الأهداب الفمية والمتصلة بمنطقة الفم وهذه الأهداب قد تُكون أغشية متموجة، والتي تتركب من صف أو أكثر من الأهداب يلتصق بعضها ببعض لتكون غشاء، كما قد تلتصق بعض الأهداب على شكل خصلات متصلة لتكون ذؤابات **cirri**. وينتهى كل هدب بحبيبة قاعدية وتتصل الحبيبات القاعدية في الصفوف الطولية بواسطة لييفات بينهدبية **interciliary fibrils** يطلق عليها الأجسام الحركية (شكل ٤ ـ ٢٩) **kinetodesmata**. وتُكْون الحبيبات القاعدية مع اللييفات الوحدة الحركية أو المُحَرِّك **kinety** من الجهاز الهدبى. وتوجد حبيبة مركزية بالقرب من البلعوم الخلوى يُطْلق عليها الحبيبة الحركية **motorium** وهو المركز الذى تتصل به جميع الأجسام المُحَرِّكة. والحبيبة الحركية هى مركز تآزر حركة الأهداب والتى إذا أُتلفت فلا يمكن للأهداب أن تستمر فى أداء وظيفتها. ويعمل الجهاز العصبى الحركى فى تآزر نبض الأهداب، وأن أى قطع فى اللييفات بين الهدبية يؤدى إلى فقد التآزر واضطراب فى الحركة.

وقد أُعتقد قبلا، أن الجهاز تحت الهدبى لا ينسق الضربات الهدبية **ciliary beats**، ولكن يبدو أن تآزر الحركة الهدبية يكون بموجات عكس استقطاب **waves of depolarization** الغشاء الخلوى متحركة إلى أسفل، مشابهة لظاهرة النبضة العصبية.

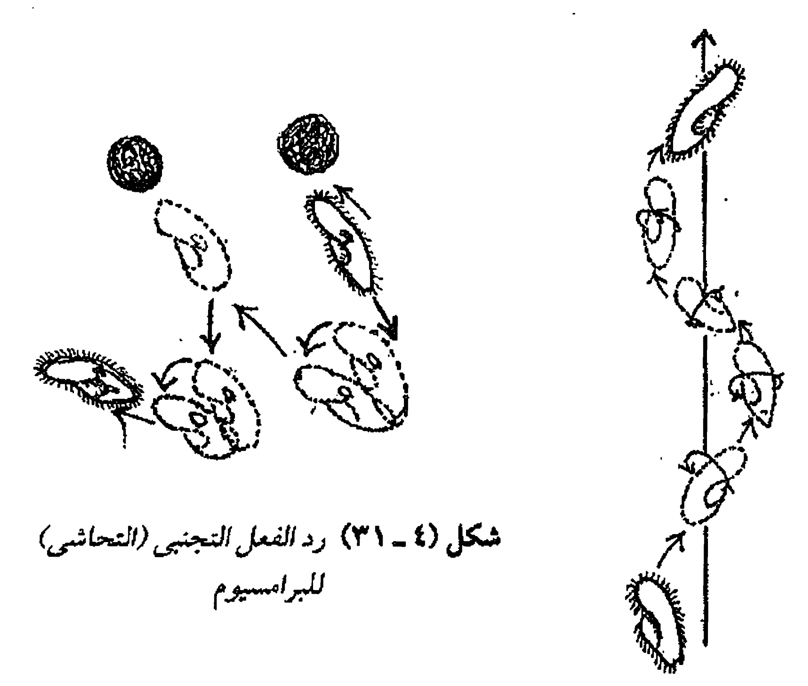
ويحتوى الأندوبلازم على حبيبات دقيقة وتوجد به فجوات غذائية، ونواة كبيرة بيضاوية الشكل تسيطر على الوظائف الخضرية (التمثيل الغذائى) وظهور الصفات المميزة للحيوان، أما النواة الصغيرة والتى توجد فى انخفاض خاص بالنواة فتختص بالتكاثر والوراثة، ويختلف عدد الأنوية الصغيرة باختلاف الأنواع فهى تصل إلى سبع أنوية فى برامسيوم ملتيميكرونيوكلياتم ***P. multimicronucleatum***.

ويوجد فى البرامسيوم فجوتان متقبضتان إحداهما أمامية والأخرى خلفية، وتتركب كل فجوة من فجوة مركزية كبيرة يحيط بها عدد من القنوات الشعاعية، والفجوات المتقبضة لها مكان ثابت وتفتح للخارج بقناة محددة مؤقتة تخترق القشيرة (شكل ٤ ـ ٣٣).

الحركة

يتحرك البرامسيوم بواسطة الأهداب، وتُعتبر الهدبيات من أسرع الأوليات على الإطلاق (السرعة ٢ ـ ٨ سم/ الدقيقة). ويسلك كل هدب وكأنه مجداف بسبب ضرباته الفعالة. ومن الملاحظ أن الأهداب ليست كلها فى نفس المرحلة من العمل بنفس الدرجة، ولكن تسرى الحركة فى أمواج فوق السطح وبذلك تكون حركة الحيوان

مستمـرة، ومع ذلك فإن ضربات الحركة تكون للخلف وتتجـه بميل جهة اليمين وبذلك يدور الحيوان حول محوره الطولى. إضافة إلى ذلك فإن الأهداب التى توجد فى الميزاب الفمى تتـحرك بشدة أسـرع من الباقى مما يسبب أن ينحـرف جسم الحيـوان إلى الجانب الفمى. وإن هذه الحركـات الثلاث: التقدم للأمام والدوران والانحـراف تُنْتج حركة فى مسـار لولبى (شكل ٤ ـ ٣٠) عكس اتجاه عـقرب الساعـة. ويبدو أن هذا التـآزر يتأثر بواسطة الجهـاز العصبى الحركى، وبذلك يقـوم بوظيفة تماثل لتـأثير الجهاز العـصبى فى الحيوانات العليا. وعندما يقابل البرامسيوم مؤثرًا قويًا فإنه يعكس حركة الأهداب وبذلك يسبح للخلف لمسـافة قصيـرة بعيدًا عن مدى المؤثر، ثم يغـير الحيوان اتجـاهه ويبدأ فى السباحة للأمام. فإذا كـانت تلك الحركة تجعله فى مـدى المؤثر (شكل ٤ ـ٣١). فيكرر المحاولة حتى يتفادى الظروف غير المواتية. ويطلق على هذا السلوك رد الفعل التجنبى.



شكل (٤ ـ ٣١) *رد الفعل التجنبى (التحاشى) للبرامسيوم*

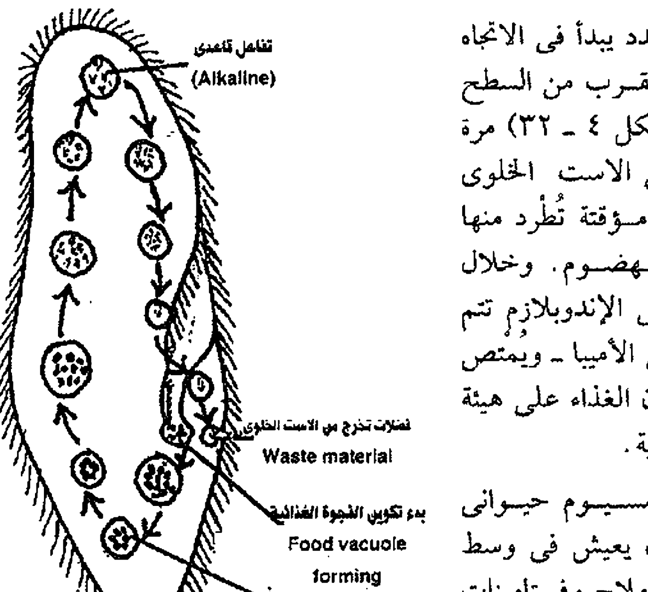
شكل (٤ ـ ٣٠) *المسار الحلزونى لبرامسيوم سابح*

التغذية

يتغذى البرامسيوم تغذية حيـوانية (على البكتريا والطحالب وغيرها من الحيوانات الدقيقـة). ويفتح الفم فى قناة غير مهدبة هى الـبلعوم الخلوى الذى يمتد فى الإندوبلازم حيث تتكون فى نهايتـه الفجـوات الغذائيـة التى تتحرك بواسطة السريـان السيتوبلازمى

cyclosis فى مسار محدد يبدأ فى الاتجاه إلى الخلف ثم الأمام بالقرب من السطح الفمى ثم إلى الخلف (شكل ٤ ـ ٣٢) مرة أخرى حتى تصل إلى الاست الخلوى **cytoproct** وهى فتحة مؤقتة تُطرد منها فضلات الغذاء غير المهضوم. وخلال مرور الفجوة الغذائية فى الإندوبلازم تتم عمليات الهضم ـ كما فى الأميبا ـ ويمتص الغذاء المهضوم. ويُختزن الغذاء على هيئة جليكوجين وحبيبات دهنية.

ورغما أن البراميسيوم حيوانى التغذية، ولكن يمكنه أن يعيش فى وسط يحتوى على محاليل الأملاح وفيتامينات وأحماض أمينية ونووية، وفى هذه الحالة يتم انتشار المواد الغذائية خلال القشيرة وكذلك تتكون الفجوات الغذائية.



شكل (٤ ـ ٣٢)

دورة الفجوة الغذائية فى البراميسيوم

التنظيم الأزموزى

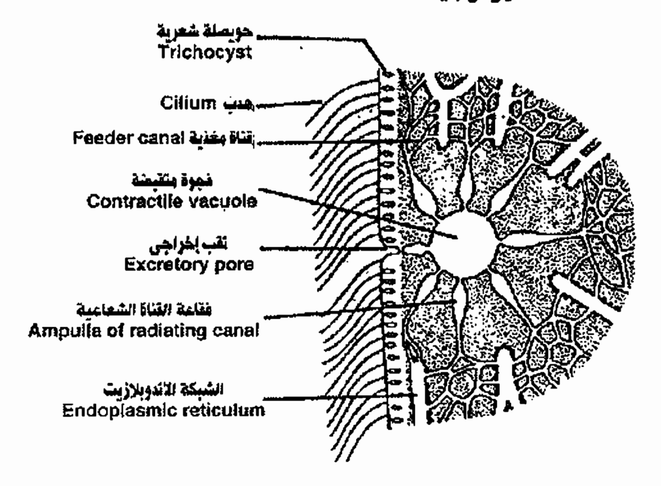
يتم التحكم فى المحتوى المائى للبراميسيوم بنفس الطريقة التى تتم فى الأميبا والتى تقوم بها الفجوات المتقبضة: وتوجد للبراميسيوم فجوتان متقبضتان إحداهما أمامية والأخرى خلفية، ويقعان فى مكان ثابت فى الطبقة الداخلية للإكتوبلازم، وهما يفرغان الماء خلال قناة معينة تخترق القشرة. وتُحاط كل فجوة بفقاعات **ampullae** لحوالى ٦ ـ ١١ من القنوات الشعاعية **radiating canals** وتُحاط كل واحدة منها بأنيبيبات دقيقة قطر الواحدة منها ٢٠ نانومترا والتى تتصل بالقنوات خلال ملء الفقاعات، وتتصل عند نهايتها السفلى بالجهاز الأنبوبى للشبكة الإندوبلازمة، وتُحاط الفقاعات والفجوة المتقبضة (شكل ٤ ـ ٣٣) بحزام من لييفات قد يلعب دوراً مهما فى انقباضها. وعند امتلاء الفقاعات تملأ الفجوة المتقبضة والتى تطرد محتوياتها للخارج. وتفقد الفقاعات اتصالها بالفجوة المتقبضة فيمنع ارتداد الماء إليها. ويُعتقد أن الماء يتم تجميعه بالشبكة الإندوبلازمية، ويصب فى القنوات المغذية ثم إلى الفجوة المتقبضة.

وتنبض الفجوة الخلفية أسرع من الأمامية ويرجع ذلك إلى كمية الماء الكبيرة التى تدخل فى المنطقة الخلفية خلال البلعوم الخلوى. وتعمل الفجوات المتقبضة كمضخات

لسحب الماء الزائد وتدفعه إلى خارج الجسم؛ لهذا نجد أن الهدبيات البحرية رغم أنها تعيش فى الماء المالح - حيث يكون الضغط الأزموزى مثل الضغط الأزموزى تقريبا داخل جسم الحيوان - فإن الفجوات المتقبضة تنبض بمعدل أقل كثيراً من تلك التى تعيش فى المياه العذبة، وتكون وظيفتها الأساسية سحب الماء الذى يدخل مع الطعام. ويلاحظ أن الفجوات المتقبضة فى البراميسيوم يمكنها التخلص من الماء الذى يساوى حجم الحيوان فى نصف ساعة (فى الإنسان يتخلص من مثل حجمه من الماء فى ثلاثة أسابيع).

السلوك

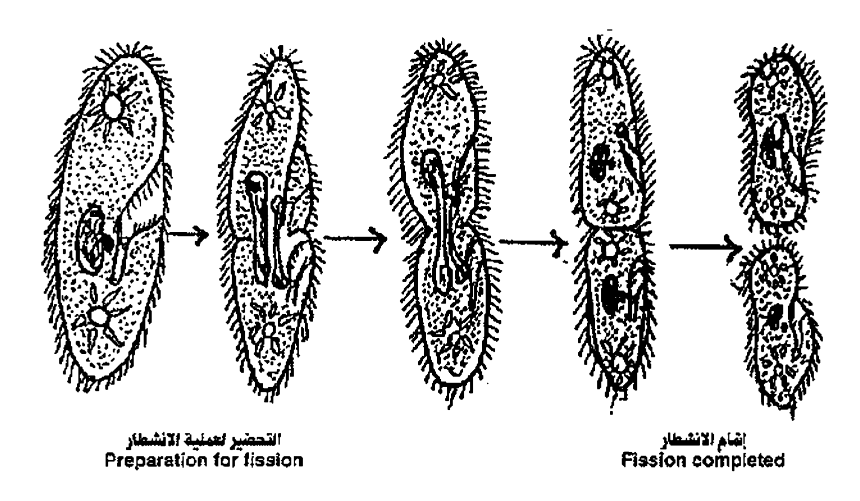
لما كان البراميسيوم حيوانا نشطا يتميز بتآزر حركة أهدابه فإن ذلك يؤدى إلى استجابات مختلفة للمؤثرات الخارجية. ويسلك البراميسيوم بطريقة معينة حتى يمكنه أن يعيش فى البيئة المناسبة. ويقوم عادة باكتشاف طبيعة الوسط الذى يعيش فيه بطريقة التجربة والخطأ **trial and error** إذ يتم معرفة نوعية الوسط بإدخال عينة من الماء إلى الميزاب الفمى حتى يمكنه أن يميز عما إذا كان الوسط مناسبًا أو غير مناسب. وقد تكون استجابة البراميسيوم سالبة فهو يتجنب العوائق والحرارة العالية أو المنخفضة أو المواد الكيميائية، وتسمى هذه الاستجابة «رد الفعل التجنبى (التحاشى) (شكل: ٤ - ٣١). وتكون الاستجابة إيجابية حين يتجه الحيوان لمؤثر معين. وتتوقف استجابة البراميسيوم للمؤثرات المختلفة طبقًا للحالة الفسيولوجية.



شكل (٤ - ٣٣) *مقطع مكبر للفجوة المتقبضة*

ويطلق على الاستجابة للحرارة **thermotaxis**. ويستجيب البراميسيوم إيجابيا لدرجة حرارة ٢٤ - ٢٨°م ويتجنب الضوء الشديد ويتجه نحو الضوء غير المباشر. كما

يتجنب معظم المواد الكيميائية ولكنه يتجه نحو الأحماض المخففة. وهذه تُعْتبر استجابة نحو مصدر الغذاء. فالبراميسيوم يتغذى على البكتريا التى توجد بالقرب من المواد المتحللة التى تجعل الوسط حمضيا. أما الاستجابة لتيار الماء **rheotaxis** فهى موجبة حين يكون تيار الماء ضعيفًا حيث يسبح البراميسيوم ضد التيار. كما أن الاستجابة للجاذبية الأرضية **geotaxis** استجابة سلبية حيث يتجمع البراميسيوم عادة عند السطح العلوى للماء.



شكل (٤ ـ ٣٤) *الانشطار الثنائى المستعرض فى البراميسيوم*

التكاثر

(١) اللاجنسى

ويتم بواسطة الانشطار الثنائى المستعرض (شكل: ٤ ـ ٣٤). وفيه تنقسم النواة الصغيرة بالانقسام غير المباشر **mitosis**، ثم تتحرك كل نواة نحو أحد طرفى الحيوان. أما النواة الخضرية الكبيرة فتنقسم بالانقسام المباشر **amitosis** حيث تستطيل ويحدث بها اختناق وتنقسم إلى نواتين تتجه كل نواة إلى القطب المقابل. ثم يستطيل الحيوان ويتكون ميزاب فمى جديد بظهور برعم على الميزاب الفمى الأصلى، ثم تظهر فجوتان متقبضتان. وأثناء ذلك يظهر اختناق فى وسط الحيوان يزداد عمقًا، وبالتدريج ينقسم الحيوان إلى فردين متماثلين من الناحية الوراثية ويُطْلق على الأفراد الناتجة عن الانقسام الثنائى لفرد واحد بالكلون (النسيلة) **clone**. ويلاحظ أن معدل التكاثر بالانشطار الثنائى يصل إلى مرتين أو ثلاث يوميًا ما دام الغذاء متوفرًا. لذلك يُعتبر البراميسيوم حيوانا مناسبا لإجراء الدراسات للتعرف على القوانين التى تتحكم فى المجاميع

الحيوانية. وقد ساهمت هذه الدراسة فعلاً، فى تفهم وحل مشاكل ونمو العشائر فى الإنسان.

(٢) التكاثر الجنسى (الاقتران Conjugation)

لا يتضمن التكاثر الجنسى فى البراميسيوم تكوين أمشاج **gametes** على الإطلاق. ولكن يحدث تبادل بين الأنوية الصغيرة بين الأفراد فى عملية يُطْلق عليها الاقتران. حيث يقترن حيوانان معًا ويلتصقان فى المنطقة الفمية حيث يختفى الفم والبلعوم الخلوى. ويتم الالتصاق عادة بمادة لاصقة تفرزها الأهداب، ثم يندمج بروتوبلازم الحيوانين المقترنين معًا فى قنطرة أو أنبوبة بروتوبلازمية يحدث خلالها تبادل المادة النووية للنواة الصغيرة. ويحدث خلال عملية الاقتران عمليات معقدة فى كل من النواتين. ومن الملاحظ أنه بينما تساهم النواة الصغيرة فى عملية التكاثر الجنسى، فإن النواة الكبيرة نواة خضرية ولها أشكال مختلفة فى أنواع الهدبيات. ولكن مع أنها ليست حرجة فى عملية التكاثر، فهى ضرورية لعمليات الأيض العادية، وتؤثر بطريقة غير مباشرة على التكاثر. ثم هى التى تتحكم فى الشكل الظاهرى للحيوان. وتتلخص عملية الاقتران فى الآتى (شكل ٤ ـ ٣٥):

١ ـ تضمحل النواة الكبيرة إذ تتكسر إلى أجزاء ثم يمتصها السيتوبلازم.

٢ ـ تنقسم النواة الصغيرة انقسامين اختزاليين وينتج أربع أنوية ذات عدد نصفى من الكروموسومات.

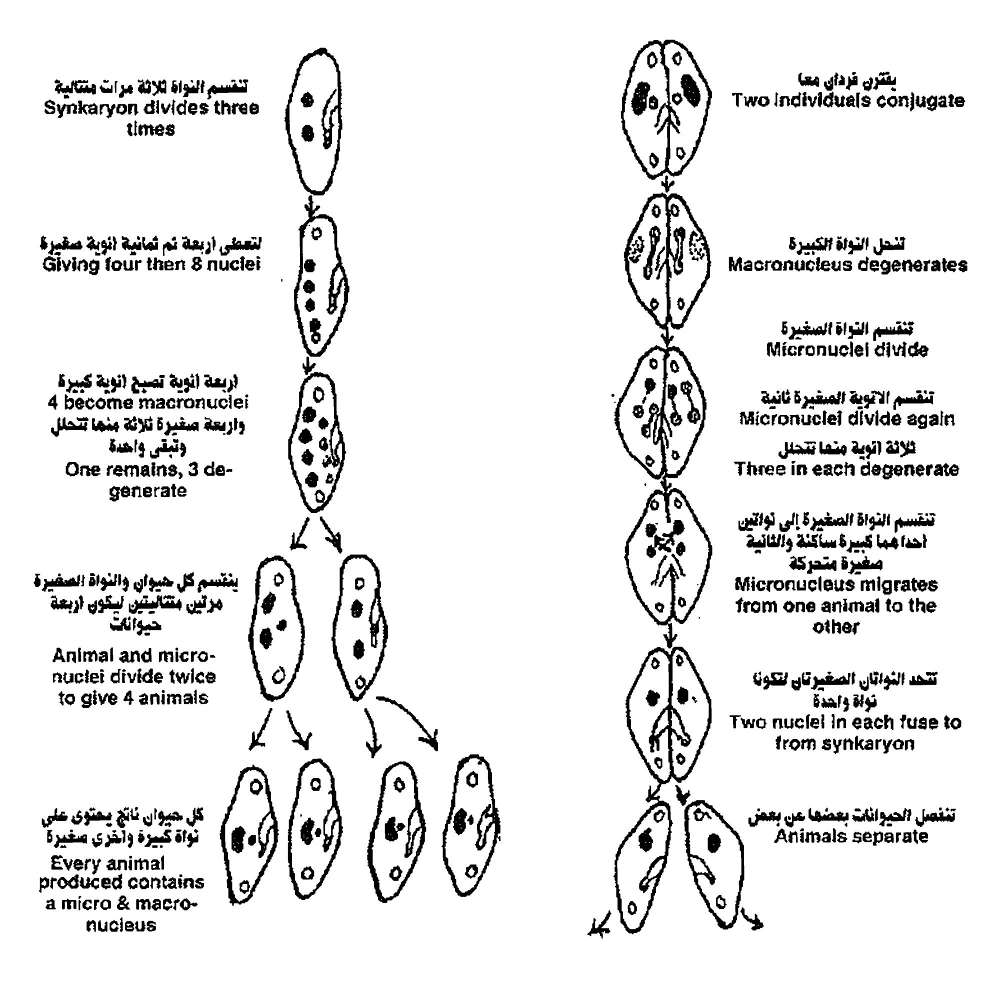
٣ ـ تتحلل ٣ أنوية ثم تختفى، وتنقسم النواة الرابعة انقساما غير مباشر لتكون نواتين إحداهما كبيرة وساكنة (نواة أنثوية)، والثانية صغيرة ونشطة (نواة ذكرية)، وتهاجر النواة الذكرية من حيوان لآخر خلال القنطرة البروتوبلازمية.

٤ ـ تتحد النواتان ـ فى كل حيوان ـ لتكون نواة زيجوتية. ثم بعد الانقسام النووى وتبادل الأنوية ينفصل الحيوانان.

٥ ـ ينقسم الزيجوت ٣ مرات متتالية ليكون ٨ أنوية، ٤ منها كبيرة، ٤ منها صغيرة تُمتص منها ثلاثة أنوية، وتنقسم النواة الرابعة بالانقسام غير المباشر لتكون ٤ أنوية صغيرة. وخلال هذه العملية ينقسم الحيوان انقسامين خلويين ويتكون ٤ أفراد كل منها يحتوى نواة كبيرة وأخرى صغيرة (شكل ٤ ـ ٣٥).

الغرض من الاقتران: تحدث عملية الاقتران (التى قد تُعْتبر طريقة للتكاثر الجنسى) فى بعض الهدبيات ـ ومنها البراميسيوم ـ فى فترات منتظمة، وفى بعضها تحدث على فترات غير منتظمة. ويلاحظ أنه خلال هذه العملية يحدث تبادل للمادة الوراثية بين

الأفراد ـ كما هو الحال فى التكاثر الجنسى فى الحيـوانات الأخرى. فكل فرد يستفيد من مادة وراثية جديدة أتت من حـيوان آخر. كما أن عمليـة الاقتران تؤدى إلى تجديد النواة الخضرية الكبيرة من مادة الأنوية الصغيـرة. إذ يحدث للمادة الكروماتينية للنواة الكبيرة ـ نتيجة للانقسام الثنائى المتكرر ـ بعض الشـذوذ، حيث إن الكروموسومات عند الانقسام تنقسم بشكل عـشوائى. وقد لُوحظ فى بعض أنواع البرامـسيوم أنه إذا استمـرت عملية التكاثر اللاجنسى فى وسط واحد فإنها تؤدى إلى ظهور علامات الشيخوخة، كما يموت البرامسيوم بعـد حوالى ٣٥٠ انقسامًا لاجنسيا. فاتحاد الأنوية من أفـراد مختلفين يساعد فى تنظيم وتجديد المادة الوراثية، وهو عامل مـهم لعملية التكاثر اللاجنسى. وقد لوحظ أن التغيرات الموسمية أو الوسط البيئى تُحفْز عملية التكاثر الجنسى.



شكل (٤ ـ ٣٥) *الاقتران (التكاثر الجنسى) فى البرامسيوم*

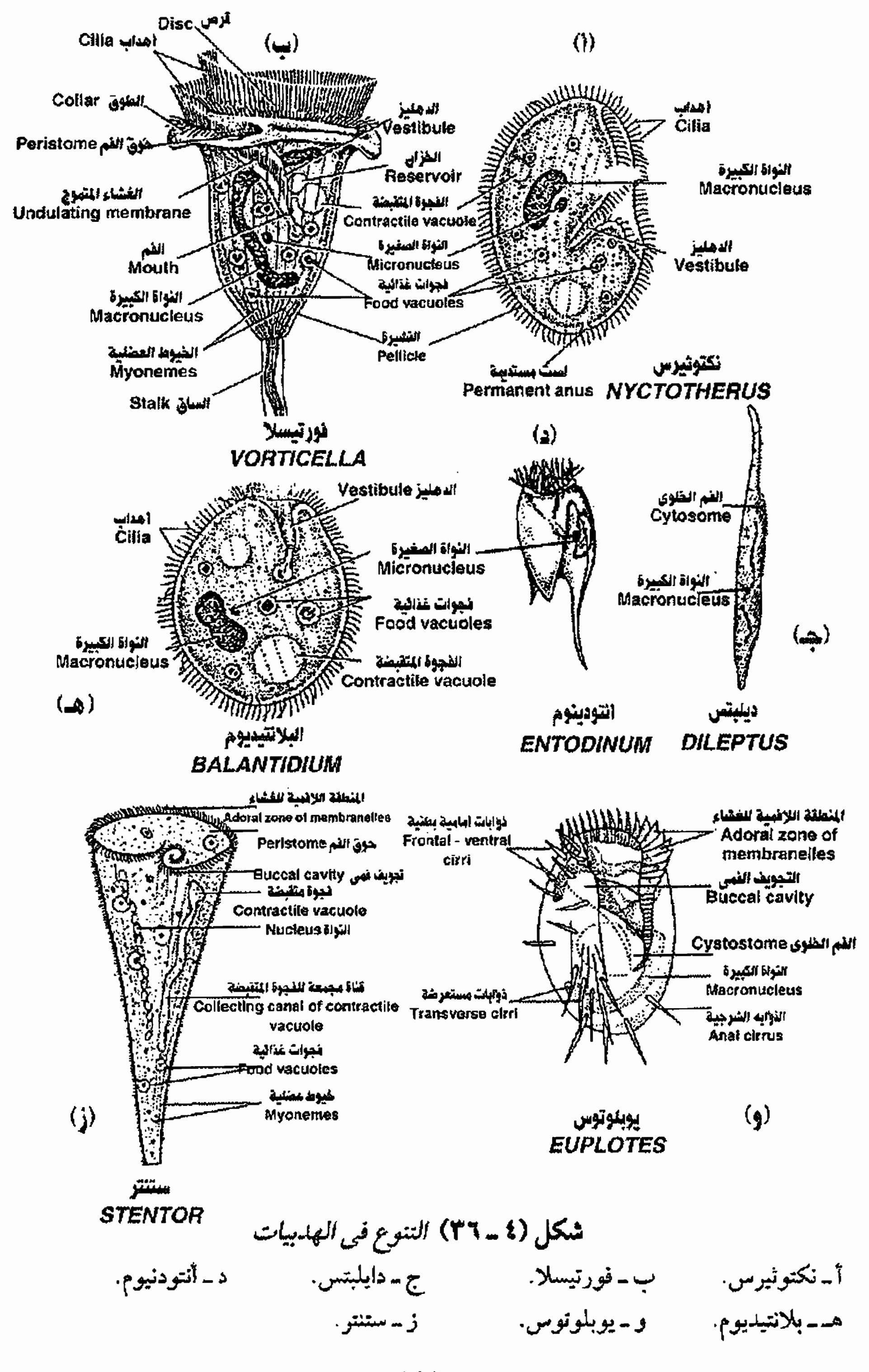
ورغم ذلك أوضحت التجارب بأنه يمكن الاحتفـاظ بالبرامسيوم لمدة طويلة (بضع سنوات) ويظل محتفظًا بنشاطه وحيـويته دون أن تحدث عمليات التكاثر الجنسى. ولكن أثبتت الدراسات أنه رغم عدم حدوث عملية الاقتران فى هذه الحيوان، فإن عملية أخرى من التنظيم النووى لا يحدث فيها اقتران أفراد مختلفين، ولكن لها نفس التأثير، ويُطلق عليهـا التزاوج الذاتى **autogamy**، وتتضـمن هذه العملية نـفس الخطوات التى تحدث خلال الاقـتران، وبدلاً من تبادل الأنوية وتكوين زيجـوت، فإنما يحدث إخـصاب ذاتى بين أنوية الفرد نفسه.

٢.بلانتديوم كولاى *Balantidium coli*

بعض الهدبيات قد تعيـش معيشة تكافلية أو تطفلية داخل القناة الهضـمية للكثير من اللافقـاريات والفقاريات مـثل الأسماك والـتودات والثدييـات بما فيهـا الإنسان ومن أمثلتها: بلانتديوم كولاى الذى يعيش معيـشة تكافلية فى أمعاء الخنزير والفئران، وينتقل من حيـوان لآخر فى طور الحوصلة. ويتـميز البلانتـديوم كولاى بوجود حـولفم أمامى ونواة كبيرة مثل السجق (شكل ٤ ـ ٣٦هـ). وتتم الإصابة بهذا الطفيلى بتلوث الغذاء أو الماء بالبراز المحتوى عـلى الحوصلات. وعندما يبتلع الإنسان تلك الحـوصلات الكبيرة، تذوب فى القناة الهضمية حيث تعيـش فى القولون، وعادة لا تسبب أمراضا، ولكن قد يغزو الطفيلى طبقة تحت المخاطية ويسبب قروحًا ونزيفًا تؤدى إلى دوزنتاريا خطيرة يطلق عليهـا الإصابة بالبـلانتديوم **balantidal - dysentery**، ويمكن أن يصـير هذا المرض خطيرًا نـظرًا لتكوين خراريج فى جـدار الأمعاء. ويبـدو أن هناك سلالات تخـصصـية للبلانتديوم كولاى لنوع العائل وليس من السهل أن ينتقل الطفيلى من نوع لآخر.

٣.نيكتوثيرس *Nyctotherus*

يعيش الطفيلى (شكل ٤ ـ ٣٦أ) مـعيشة تكافلية داخل قولون الـتودات والضفادع فقط، والنوعان الشـائعان فى التودة الشائعة بوفـو ريجيولارس ***Bufo regularis*** هما نيكتوثيرس كورديفورمس ***N. cordiformis*** ونيكتوثيرس بيوتوراسى ***N. puytoracia***. وينـتقل الطـفـيلى من حيوان لآخر فى طـور الحوصـلة التى توجـد فى البراز. ويُعدى أبو ذنيبه عندمـا يتغذى على براز التودات التى تحـتوى على الحويصلات، وقـد اكتشف الباحثون فى أحد أنواع نيكتوثيرس أوفالس ***N. ovalis*** الذى يعيش فى أمعاء الصرصور أنه يحتوى على كثير من الأجسام الهيدروچينية التى تشبه الميتوكوندريا فى تركيبها ولكنها تطلق الهيـدروچين كناتج ثانوى من عمليات بناء جـزئيات الأدينوزين ثلاثى الفوسـفات **ATP** الغنية بالطاقـة لا هوائيا. وقد وُجـد أن هذه الأجسام الهـيدروچينية تحـتوى على الدنا.



شكل (٤ ـ ٣٦) التنوع في الهدبيات

أ ـ نكتوثيرس. ب ـ فورتيسلا. ج ـ دايلبتس. د ـ أنتودنيوم.

هـ ـ بلانتيديوم. و ـ يوبلوتوس. ز ـ ستنتر.

تصنيف الهدبيات

تنقسم طائفة الهدبيات إلى ثلاث طوائف أساسية:

١ ـ طائفة: كينوتوفراجمينفورا KINFTOFRAGMINOPHOREA

الأهداب تغطي الجسم كله، أما الأهداب القمية فغير واضحة وتنشأ من الطرف الأمامي للحركيات الجسمية **somatic kinetics** ـ أي أنها تتكون من شظايا حركية **kinetofragments**. الفم الخلوي قمي، وأحيانا تحل محله لوامس ماصة. ومن أمثلتها: ديليبتس ***Dileptus***، كولبودا ***Colpoda***، ستنتور (شكل ٤ ـ ٣٦ز) ***Stentor*** بلانتديوم كولاي ***Balantidium coli*** أنتدودينم ***Entodinium*** (شكل ٤ ـ ٣٦د) الذي يعيش في منفحة الماشية والخراف.

٢ ـ طائفة: أوليجوهيمونوفورا OLIGOHYMENOPHOREA

قد تخلو من الأهداب الجسمية، ولكن عند وجودها فإنها تكون منتظمة وتغطي معظم الجسم، الأهداب الفمية جيدة التكوين، والغشاء المتموج واضح، ويوجد عديد من الأغشية تحت الفمية. عملية الاقتران قد تكون إجبارية أو مؤقتة مع التحام الحيوانات المقترنة. تكوين المستعمرات أمر شائع.. وقد تتكون فيها حوصلات. ومن أمثلتها البراميسيوم ***Paramecium***، اكثيوفيثيريس ملتيفيلس ***Ichthyophthirius multifiliis*** الذي يتطفل على خياشيم سمك مبروك الحشائش، وكذلك ترايكودينا نوبيلس ***Trichodina nobilis*** الذي يتطفل على خياشيم وجلد وبلعوم صغار مبروك الحشائش.

٣ ـ طائفة: بوليهمينوفورا POLYHYMENOPHOREA

أهداب الجسم مختزلة أو يحل محلها الذؤابات، الأهداب الفمية جيدة التكوين وواضحة. وتكون النواة الكبيرة مجزأة أو مضاعفة، تخلو من الترايكوسيستات (الحويصلات الشعرية) أمثلتها: سبيروستوميوم ***Spirostomum***، نيكتوثيرس ***Nyctotherus*** (شكل ٤ ـ ٣٦أ).

أهمية الأوليات في الدراسات البيولوجية والتطبيقية

لقد بينت الدراسات على الأوليات في السنوات الأخيرة أهميتها على وجه الخصوص، فإن الكثير من العموميات التي تنطبق على الأوليات قد تنطبق على الحيوانات العليا. فقد ساهمت هذا الدراسات في تفهم كثير من العمليات الحيوية ومشاكل ازدحام العشائر، والحاجات الغذائية، والمناعة وعلم الأمصال **serology**.

وتتميز الأوليات بسرعة تكاثرها لتنتج أعداداً هائلة من الأجيال في فترة قصيرة مما يجعلها أداة مهمة في البحوث البيولوجية. وقد ساهمت دراسة الأوليات للتعرف على كثير من العوامل الأساسية التي تختص بالصفات الطبيعية والكيميائية للبروتوبلازم: الأسموزية والنفاذية وسلوك الأفرد.

لقد أوحت دراسة الأوليات لفهم الوراثة السيتوبلازمية والتحول الخلوى. وأن اكتشاف الطرز التزاوجى في البراميسيوم قد يكون مؤشراً للجنس. فقد يكون هناك اختلافات فسيولوجية بين أفراد البراميسيوم، والتي يمكن مقارنتها لما عُثر عليه من الأشكال الجنسية.

وتساهم الأوليات في بناء التربة وتكوين الطبقات الأرضية، وتكوين العوالق المسئولة عن تلوث الماء. كما أنها تلعب دوراً مهماً في السلاسل الغذائية، ولقد ساهمت رسوبيات الفورمينفرا وشعاعيات الأقدام **Actinopoda** خلال العصور الجيولوجية المبكرة في تكوين جزء كبير من القشرة الأرضية. فهياكل شعاعيات الأقدام قد تتحول إلى صخور سيليكية مثل الصوان **flint**. كما أن رسوبيات أنواع معينة من الفورمينفرا مثل النيموليت قد تكون عادة مصاحبة للرسوبيات البترولية.

كما تُكون الأوليات جزءاً أساسيا من العوالق في مواثل المياه العذبة، والبحار. وتكون هذه العوالق غذاء لكثير من الأسماك ذات القيمة الاقتصادية حتى الحيوانات الكبيرة. ومن الظواهر التي تتكرر في كثير من بحار العالم هي ظاهرة المد الأحمر **red tide** حيث يصطبغ الماء باللون الأحمر أو البرتقالي ثم يبدو أصفر لزجًا وسامًا. بسبب وجود بعض أنواع من ثنائيات الأسواط مثل جيمنوديم ***Gymnodium*** أو جونيلاكس ***Goniaulax*** (شكل ٤ ـ ٥ لوحة رقم ٤ ـ ٢) التي تفرز قلويدا ساما يقتل الأسماك وجميع مظاهر الحياة في المنطقة التي يظهر فيه، وذلك ليس بسبب السموم التي يفرزها فحسب ولكن بسبب إنضاب الماء من الأكسچين الذائب فيه.

وتجدر الإشارة إلى تلوث مياه الشرب ببعض أنواع الأوليات يجعلها غير مستساغة الطعم، لوجود بعض أنواع الأوليات التي تغير لون وطعم الماء ورائحته حتى إنها قد تكون مُرّة لاذعة. وإن مثل هذه التغيرات قد يسببها أنواع مثل فولفكس ***Volvox***، باندورائنا ***Pandorina*** اندورينا ***Endorina***، يوروجلينوبس ***Uroglenopis***، سميورا ***Symura*** داينبرايون ***Dinobryon*** (شكل ٤ ـ ٥) وغيرها.

وتؤثر وجود الأوليات على التربة وخصوبتها، وثمة أنواع من الأوليات التي تقلل أعداد البكتريا المثبته للنتروچين وبذلك تحدد إنتاج النترات اللازمة لخصوبة التربة.

وتجدر الإشارة إلى أن عدداً كبيراً من الأوليات يتطفل على الإنسان وحيواناته المستأنسة وحتى جميع أنواع الحيوانات المعروفة، حيث تسبب بعض هذه الأوليات أمراضا خطيرة للإنسان والحيوان مثل: أنتاميبا هستوليتيكا والتريبانوسوما والبلانتديوم والبلازموديم والتوكسوبلازما. فمثلا تؤدى تريبانوسوما ***Trypanosoma brucei brucei*** إلى مرض ناجانا في الحيوانات الأفريقية، وتسبب البابزيا ***Babesia*** حمى تكساس فى الماشية، وتؤدى كوكسيديا ***Coccidia*** إلى مرض الكوكسيدى فى الأرانب والدواجن.

كما تعيش الكثير من الأوليات معيشة تكافلية فى الحيوانات الأخرى حيث يستفيد كل من الحيوان الأولى والعائل مثل ترايكونيمفا ***Trichonympha*** الذى يعيش فى القناة الهضمية للأرضة (شكل ٤ ـ ١٠)؛ والبلانتديوم في أمعاء الخنازير.

كما أن الدراسات على بعض الأوليات مثل توكوفيرا ***Tokophyra***. قد تلقى الضوء على مشاكل مثل الشيخوخة فى الخلايا. فقد أمكن للعلماء أن يسجلوا أن الحيوان الأولى توكوفيرا أنفيوزنيم ***Tokophyra infusionum*** قد يموت من الشيخوخة. وقد وجد العالم رودزنسك (١٩٨٦) **Rudzinsk** بأن الشيخوخة فى التوكوفيرا تتزامن مع تراكم حبيبات دقيقة فى السيتوبلازم، وهذا يشابه تماما حبيبات ليبوفيوسنز **lipofuscins** التى تتكون فى خلايا الإنسان كلما كبر فى السن. وقد اقترح أن تكون هذه الحبيبات هى علامة أن الكائن الحى غير قادر على التخلص من فضلات الأيض والذى يؤدى تراكمها إلى التسمم الذاتى مما يسبب شيخوخة الخلايا وموتها. وفى دراسات حديثة أوضحت أن موت الخلية ظاهرة مبرمجة فيها بناء على مراحل مختلفة ودور مورثات خاصة بذلك.

الفصل الخامس عشر

الميتازوا (البعديات)

METAZOA

تتميز الميتازوا (وهى تشمل كل الحيوانات ما عدا الأوليات) بأن أجسامها تتكون من عدد كبير من الخلايا التى تؤدى وظائف مختلفة. وبذلك فهى خلايا مستقلة، على نقيض مستعمرات الأوليات حيث يكون كل فرد فيها مستقلا. وعلى الأقل ففى الميتازوا أن جزءا كبيرا من الخلايا يكون مرتبا فى طبقات. كما تتميز الميتازوا (ما عدا الأسفنجيات) بوجود جهاز عصبى. كما تتضمن نشأتها عملية تكوين جنينى حيث تمر البيضة المخصبة بتغيرات عديدة تؤدى إلى تكوين الحيوان اليافع.

ويعتقد العلماء بأن الميتازوا ـ بناء على كثير من الأسباب ـ قد نشأت من كائنات وحيدة الخلية وخاصة فإن الحيوان البعدى (الميتازوى) يبدأ حياته بخلية واحدة وهو الزيجوت الذى ينمو ليكون حيوانا كاملا. كما أنه يمكن فصل خلايا الأنسجة إلى خلايا فردية يمكنها أن تعيش عيشة مستقلة (كما هو الحال فى الأسفنجيات وكذلك فى زراعة الأنسجة). وثمة طريقتان رئيسيتان يمكن أن تكون نشأت بهما البعديات من الأوليات:

١ ـ من حيوان هدبى عديد الأنوية (شبه مدمج خلوى) حيث أدت ظهور فواصل بينخلوية إلى تكوين حيوان عديد الخلايا ـ النظرية البلازمودية **Plasmodial theory**.

٢ ـ من حيوان سوطى مستعمرى حيث حدث تخصص واستقلال بين الخلايا (النظرية المستعمرانية السوطية **Clonial flagellate theory**)، وعلى وجه الخصوص المستعمرات الشبيهة بالصفيحة أو الطرز الكروى. ويُعتقد أن السوطيات هى المجموعة السلفية للبعديات.

٣ ـ أن البعديات حيوانات متعددة الأصول **Polyphletic** أى أنها مشتقة من أكثر من مجموعة من الكائنات اللاخلوية.

ويفضل علماء علم الحيوان الرأى القائل أن البعديات نشأت من أصول متعددة، ويقترحون أن الأسفنجيات **Porifera**، واللاسعات **Cnidaria** والمشطيات **Ctenophora** والديدان المفلطحة **Playthelminthes** نشأت مستقلة. وربما تكون الأسفنجيات واللواسع من سوطيات مستعمرية، وأما المشطيات والديدان المفلطحة من الهدبيات.

ومن بين البعديات (الميتاوزا) فإن شعبتي البلاكوزوا (الحيوانات المسطحة) Placozoa والأسفنجيات تعتبر أكثرها بدائية. وقد عُرفت شعبة الحيوانات المسطحة عام ١٩٧١ وهي ممثلة بنوع بحرى واحد يتكون جسمه من طبقتين مزودتين بالأسواط تفصلهما شبكة من خلايا ليفية، أما الأسفنجيات فهى وإن كانت على درجة أكثر تقدمًا من الحيوانات المسطحة ولكنها لا زالت تفتقر إلى وجود فم وتجويف هضمى محدد. كما أن العناصر العصبية ممثلة بدرجة ضعيفة. وحيث إن التكوين الجنينى للحيوانات المسطحة غير معروف، أما فى الأسفنجيات فهى ذات درجة خاصة لا يمكن مقارنتها بغيرها من البعديات. لذلك صنفت كلتاهما فى شعبتين منفصلتين عن البعديات الحقيقية Eumetazoa والتى تتميز بوجود أنسجة محدودة وأعضاء على الأقل فى شكل مبكر، ووجود تآزر عصبى وتكوين جنينى مثالى.

ثنائية وثلاثية الطبقات DIPLOBLASTICA AND TRIPLOBLASTICA

يتركب الجسم فى البعديات البدائية من طبقتين كما فى الأسفنجيات وهما لا يقابلان طبقتى الإكتودرم والإندودوم فى البعديات الحقيقية. ويوجد بين الإكتودرم (الطبقة الخارجية) والأندودرم (الطبقة الداخلية) طبقة ثالثة هى الميزودرم (الطبقة المتوسطة) وهى أكثر كثافة من الطبقات الأخرى. وتُكون الطبقة المتوسطة الجزء الأكبر من الجسم، فبينما يُكون الإكتودرم الجلد والجهاز العصبى، فالإندودرم يُكون القناة الهضمية وحتى بطانتها فقط - أما الميزودرم فيُكون النسيج الضام والسيلوم والأجهزة العضلية والدعامية (الهيكل الداخلى) والتناسلية والدموية، أما الجهاز الإخراجى فينشأ من الإكتودرم أو الميزودرم.

ورغم أن الأسفنجيات واللاسعات تُعتبر ثنائية الطبقات بشكل عام، ولكن من المرجح وصفها ثلاثية الطبقات (ما عدا الحيوانات الهدرية - الهيدروزوا Hydrozoa) حيث إنه توجد طبقة من خلايا ميزنشيمية بين طبقتى الإكتودرم والإندودرم. ومع ذلك، فإنه ما دامت الطبقة المتوسطة، وعلى الأقل فى اللاسعات Cnidaria قد نشأت من الإكتودرم؛ ولذلك أطلق عليها ميزودرم خارجى - إكتودوميزودرم ectomesoderm، كذلك يُشَار إلى كل من الأسفنجيات واللاسعات كشعب خارجية الميزودرم، أما البعديات الحقيقية الأخرى (جانبية التماثل Bilateria) كحيوانات إندوميزودرمية - داخلية الميزودرم endomesodermal حيث إن الميزودرم قد نشأ من الإندودرم.

الحيوانات ذات التماثل الشعاعى RADIATA والتماثل الجانبى BILATERIA

تنقسم البعديات بناء على تماثلها إلى:

١ ـ حيوانات ذات تماثل شعاعى وهى تشمل اللاسعات **Cnidaria** والمشطيات **Ctenophora**

٢ ـ حيوانات ذات تماثل جانبى ـ وهى تشمل كل شعب البعديات الحقيقية الأخرى.

شعبة الأسفنجيات

PORIFERA

تشمل هذه الشعبة الأسفنجيات أو المثقبات لوجود عدد كبير من الثقوب الصغيرة التى تمثل تراكيب هامة فى نشاطها. كذلك يُطْلق عليها المساميات. ويوجد ما يربو على ١٠٥٠٠ نوع من الأسفنجيات المعروفة. وتتميز بوجود هيكل من شويكات الكالسيوم أو السيليكا (الرمل) أو ألياف أسفنجية من مادة الأسفنجين **spongin** الكولاجينية. وتمثل الأسفنجيات المستوى الخلوى للتعضى فى البعديات. إذ إن التعضى الخاص بها لا يتعدى المستوى الخلوى فلا توجد أنسجة أو أعضاء حقيقية. ورغم أن الخلايا تتجمع فى مجاميع ولكن العلاقة بينها مفككة وغير قوية، حيث إنها لا تُكون أنسجة محددة. وبذلك فمستوى التعضى فيها يكون على مستوى الخلية الذى يختلف عن المستوى البروتوبلازمى للأوليات.

ومعظم الأسفنجيات بحرية ما عدا فصيلة واحدة هى سبونجيليدى **Spongillidae** التى تعيش فى المياه العذبة. وأهم ما يميز الأسفنجيات الآتى:

١ ـ عدم وجود طبقات جرثومية محددة مثل تلك التى توجد فى البعديات.

٢ ـ عدم وجود فم أو تجويف هضمى.

٣ ـ تحتوى على جهاز معقد من قنوات مائية مبطنة لغرف سوطية.

٤ ـ عدم وجود جهاز عصبى محدد أو أعضاء حسية.

٥ ـ وجود طبقة ميزنشيمية چيلاتينية تحتوى على العديد من الخلايا والعناصر الهيكلية على هيئة أشواك أو ألياف الأسفنجين بين الطبقتين الخارجية والداخلية.

٦ ـ عدم وجود جهاز عضلى مميز.

الشكل والحجم وطرق المعيشة

تكون الأسفنجيات عادة مثبتة على الصخور أو الشعاب أو النباتات أو الأصداف أو غيرها من المرتكزات، ونادرًا ما تكون متدحرجة على قعر البحر، وأحيانا تكون مثبتة فى الطين أو الرمل. وبعض الأسفنجيات تثقب حُفُرا فى الأصداف أو الصخور. والأسفنجيات ذات أشكال متنوعة، فمثلا يبدو أسفنج الحمام وكأنه قطعة كبد ذات لون أسود أو أصفر أو بنى أو مائل للرمادى. وبعض الأسفنجيات تكون فنجانية الشكل، مفصصة، أنبوبية، عصوية أو على هيئة عيش غراب أو ذات أصابع أو كروية أو نصف كروية أو كاسيه (شكل ٤ ـ ٤٦ لوحة رقم ٤ ـ ٤) أو كالقفاز أو أوراق الشجر، ومنها ما يتنوع على شكل نبات أو طبقة رقيقة تُغطى سطحًا صخريًا أو تحيط بصدفة أو بقطعة نبات أو قد تكون متفرعة أو غير منتظمة. ويختلف شكل أحد الأنواع طبقًا للظروف البيئية مثل نوع المرتكز وسرعة التيار، وتأثير الأمواج وبذلك تكون لنفس النوع أشكال متعددة، وتكون الأسفنجيات البدائية منتظمة ذات تماثل شعاعى، ولكن معظم أنواعها فقد هذه الصفة وأصبح غير منتظم (لوحة رقم ٤ ـ ٤).

وتتميز ألوان الأسفنج أنها متباينة فمنها الأصفر، والبرتقالى، والأرجوانى، والبنى، والأحمر (لوحة رقم ٤ ـ ٤)، والأزرق، والأسود. ويرجع ذلك إلى وجود أصباغ خلوية. ويتراوح حجم الأسفنجيات من بضع مليمترات إلى أشكال كبيرة قد يصل قطرها مترين أو أكثر.

وتعيش بعض أنواع الطحالب الخضراء معيشة تكافلية داخل أجسام الأسفنجيات والتى تعطيها اللون الأخضر. كما أن كثيرًا من اللافقاريات والقشريات والرخويات (وعلى وجه الخصوص عاريات الخياشيم) وحتى الأسماك قد تعيش فى أو على الأسفنج كصورة تعايشية أو طفيلية. كما تنمو بعض أنواع الأسفنجيات على حيوانات أخرى مثل البطنقديات (رخويات) والأطومات وخيشومية الأقدام والمراجين وذراعيات الأقدام. وكثيرًا ما تقوم بعض أنواع حيوان السرطان **crabs** بلصق أنواع من الأسفنج فوق قشرتها بهدف المشاكهة وتعمية الأعداء. وكوسيلة للحماية تُنفر الأسفنجيات أعداءها بسبب رائحتها النفاذة وطعمها غير المستساغ. ومع ذلك فكثيرا من المفترسات مثل القشريات والرخويات وأسماك الشعاب تتغذى على الأسفنج.

الفائدة الاقتصادية

تُستخدم الأسفنجيات فى كثير من الأغراض مثل أسفنج الحمام الذى توجد أجود أنواعه بالبحر المتوسط، كما تستخدم فى العمليات الجراحية وسفن الفضاء. وبينت الدراسات أن كثيرًا من أنواع الأسفنجيات قد تحتوى على مضادات حيوية شديدة المفعول وكذلك على بعض المواد التى لها فائدة كعقاقير طبية.

ليوكوسولينا

Leucosolenia

هو أبسط أنواع الأسفنج (النوع الأسكونى **ascon**) والذى يعيش مثبتًا بالقرب من شاطئ البحر فى المياه الضحلة. وهو يعيش فى مستعمرات تتكون من عدد من الأفرع الدقيقة والتى تمتد منها فروع عمودية تشبه الزهريات (شكل ٤ ـ ٣٧). وتتصل الأفرع بعضها ببعض.

التركيب

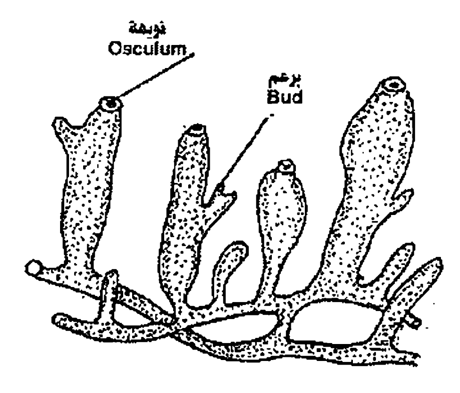
يتصل جسم الأسفنج بالأفرع بواسطة ساق قصيرة ويفتح للخارج بفتحة كبيرة نسبيًا تقع في الطرف الحر، ويطلق عليها الفويهة **oscule, osculum** والتى يخرج من خلالها الماء. ويطلق على الفجوة المركزية التجويف الأسفنجي **paragastric cavity, spongocoel**. وتخترق الحيوان فتحات ميكروسكوبية تفتح للخارج بفتحات شهيقية **incurrent pores - ostia** التى تؤدى إلى فجوة مركزية هى التجويف المعدى المبطن بخلايا سوطية **atrium, paragastric, gastric cavity** (شكل ٤ ـ ٣٨). وفى الواقع فإن كل ثقب يؤدى إلى قناة داخل الخلية والتى تمر خلال خلية أنبوبية **porocyte** لها القدرة على قفل الثقب تحت الظروف غير المناسبة.

تركيب جدار الجسم

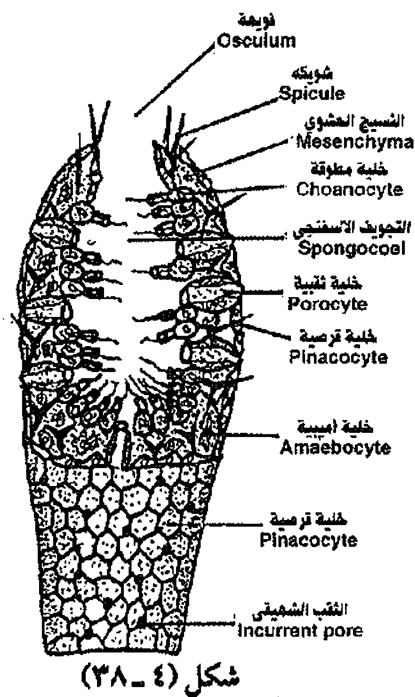
يتركب جدار الجسم من طبقتين: (شكل ٤ ـ ٣٨، ٣٩)

١ ـ طبقة خارجية (الأدمة) **dermal layer** أو البشرة **epidermis** أو الأدمة القرصية **pinacoderm**: وتتكون من طبقة واحدة من خلايا سداسية مبططة لها خاصية انقباضية يطلق عليها الخلايا القرصية **pinacocytes** والتى تخلو من الغشاء القاعدى. (شكل ٤ ـ ٣٩). ويمكن للحافة الخارجية لتلك الخلايا أن تنقبض أو تنسحب، وبذلك يمكن للحيوان أن يزيد أو ينقص قليلا فى الحجم، لذلك تعمل هذه الطبقة على تنظيم مساحة سطح الأسفنج. وتجدر الإشارة إلى أن حركة الخلايا القرصية هى حركة أميبية وليست عضلية. وتتحور بعض الخلايا القرصية إلى خلايا عضلية متقبضة **mycocytes**، وعادة تنتظم هذه الخلايا فى أحزمة دائرية حول الفويهات أو الثقوب لتساعد فى تنظيم معدل سريان الماء.

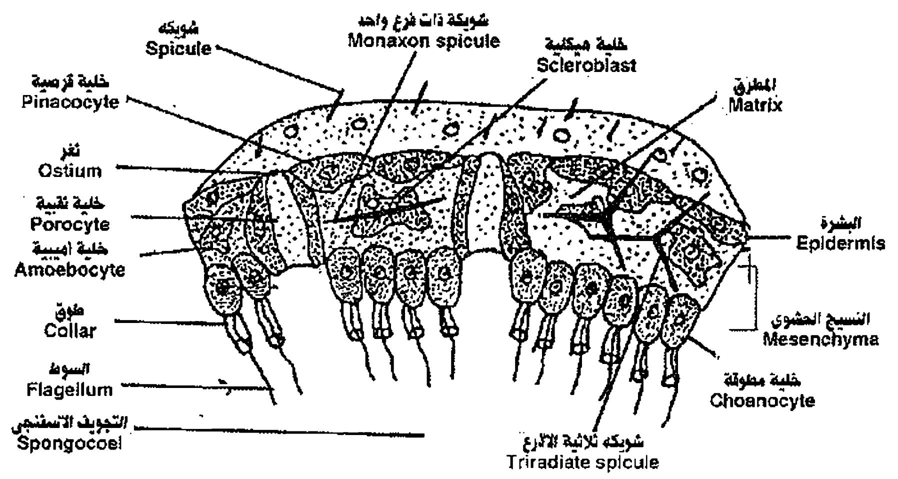
وتحمى الثقوب الخارجية خلايا ثقبية **porocytes** وهى خلايا قرصية (شكل ٤ ـ ٣٩، ٤٠) تحتوى كل منها على فجوة أنبوبية تمتد من السطح الخارجى حتى التجويف الأسفنجى. وتمتد أجسام الخلايا القرصية فى الهلام المتوسط **mesohyl**.



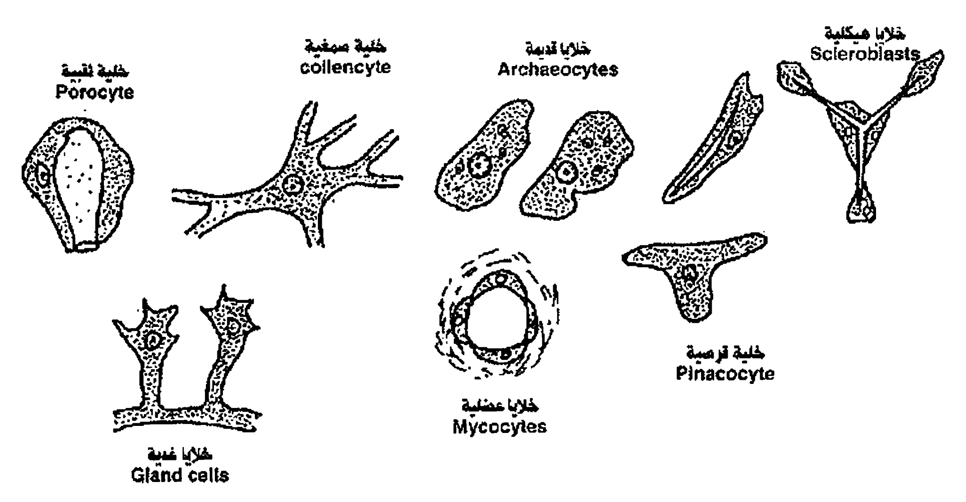
شكل (٤ ـ ٣٧)
ليوكوسولينا (أسفنج من الطرز الأسكونى)
Leucosolenia



شكل (٤ ـ ٣٨)
قطاع طولى فى أسفنج ليوكوسولينا



شكل (٤ ـ ٣٩)
رسم تخطيطى لقطاع عرضى يوضح تركيب جدار الجسم فى الأسفنج

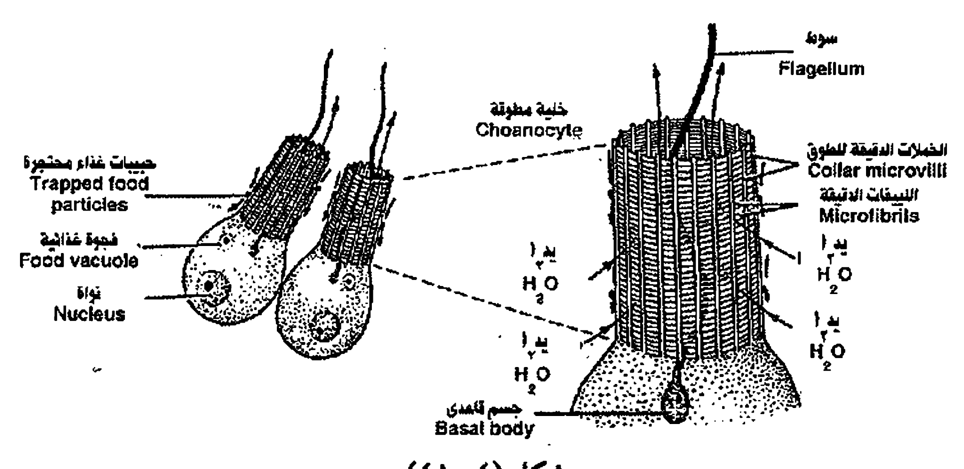


شكل (٤ ـ ٤٠)

بعض أنواع الخلايا التى تكون جدار الأسفنج

٢ ـ **طبقة داخلية**: طبقة الخلايا المطوقة السوطية **collared flagellate cells**: وتتكون من طبقة واحدة من الخلايا المطوقة **choanocytes** (شكل ٤ ـ ٣٨، ٤٠) والتى تتصل ببعضها البعض اتصالاً غير وثيق. وتشبه فى تركيبها السوطيات المطوقة الأولية **choanoflagellates**. والخلية المطوقة خلية بيضاوية الشكل ترتكز أحد نهايتها على النسيج الحشوى **mesenchyma**. أما النهاية الحرة فتنتهى بسوط يُحاط بطوق يتكون من خملات دقيقة **microvilli** متجاورة ومتصلة مع بعضها بلييفات دقيقة (شكل ٤ ـ ٣٩، ٤١) ورقيقة. ومن ثم يعمل الطوق كجهاز ترشيح دقيق لتصفية حبيبات الغذاء، إذ تجذب ضربات السوط الماء خلال الطوق المصفوى، وتدفعه إلى الطوق، فالحبيبات الكبيرة التى لا تستطيع أن تنفذ من الطوق تقع فى شرك المخاط الذى تفرزه الخلية، وتنزلق إلى قاع الطوق حيث يلتهمها جسم الخلية (شكل ٤ ـ ٤١). أما الجزيئات الأكبر حجمًا فقد يتم احتجازها فى الخارج بواسطة الثقوب البينية **prosopyles** ذات الحجم المتوسط. وبعد ذلك يمر الغذاء الذى التهمته الخلايا المطوقة إلى خلية قديمة **archaeocyte** مجاورة ليُهضم.

٣ ـ **طبقة متوسطة أو الهلام المتوسط mesohyl**: توجد بين الطبقتين الخارجية والداخلية ويطلق عليها أحيانا الميزوجليا **mesoglea** أو الطبقة الهيكلية والتى تتكون من مطرق چيلاتينى وكثير من الخلايا الأميبية التى يطلق عليها الخلايا القديمة **archaeocytes** بالإضافة إلى أشواك كلسية.



شكل (٤ ـ ٤١)

التركيب الدقيق للخلايا المطوقة وكيفية الحصول على حبيبات الغذاء

ويكون هيكل الأسفنج هيكلا معقدا. فقد تكون الأشواك الكلسية وحيدة المحور **monaxon** مثل الإبر والعصيان، أو ثلاثية **triradiate** أو رباعية **quadriradiate** وعادة تبرز الأشواك من طبقة القشرة (شكل ٤ ـ ٣٩). وفى بعض أنواع الأسفنج توجد أشواك سيليكية أو ألياف بروتينية چيلاتينية من مادة الأسفنجين أو الاثنين معًا (شكل ٤ ـ ٤٢). وأهم الخلايا فى الهلام المتوسط هى:

أ ـ الخلايا القديمة **archaeocytes** وهى خلايا أميبية مزودة بأقدام كاذبة كليله ونواة كبيرة. وهى بداية الخلايا الجرثومية التى يمكن أن تتحول إلى بويضات أو حيوانات منوية. كما يمكنها أن تتحول إلى أى نوع من الخلايا الأخرى. كما تقوم باستقبال حبيبات الغذاء من الخلايا المطوقة. ويمكنها أن تتحول إلى الخلايا الهيكلية **sclerocytes** التى تفرز الشويكات، وكذلك الخلايا الأسفنجية التى تفرز ألياف الأسفنجين، والخلايا الصمغية **collencytes** التى تفرز الكولاچين الليفى **fibrillar collagen** وكذلك الخلايا العرفية **lophocytes** التى تفرز كميات كبيرة من الكولاچين.

٣ ـ خلايا عضلية **mycocytes** (شكل ٤ ـ ٤٠): وهى تشبه تقريبا الخلايا العضلية اللاإرادية فى الشكل والانقباضية. وهى خلايا مغزلية توجد حول فتحة الفويهة، وغيرها من الفتحات حيث تترتب فى حزمة من العضلات الدائرية التى تتحكم فى حجم تلك الفتحات. ومع ذلك فقد تكون هذه الخلايا دعامية أو إفرازية فى الوظيفة.

٤ ـ خلايا غدية **gland cells** (شكل ٤ ـ ٤٠): وتكون متصلة بالسطح الخارجى بشرائط طويلة وهى تفرز مواد مخاطية تساعد فى تثبيت الحيوان على المرتكز.

٥ ـ خلايا صمغية **collencytes**: خلايا نجمية الشكل متقبضة عديدة التفرعات أو الأقدام الكاذبة (شكل ٤ ـ ٤٠) تتصل ببعضها البعض لتكون مدمجا خلويا. وبذلك تعمل كنسيج ضام فى الميزوجليا. وقد تمتد خلال الفراغات حيث يمر فيها الماء، وتعمل على تقليل حجم هذه الفراغات عند الحاجة.

إضافة إلى ذلك توجد خلايا لتخزين الغذاء وخلايا ملونة وخلايا تفرز مادة جيلاتينية.

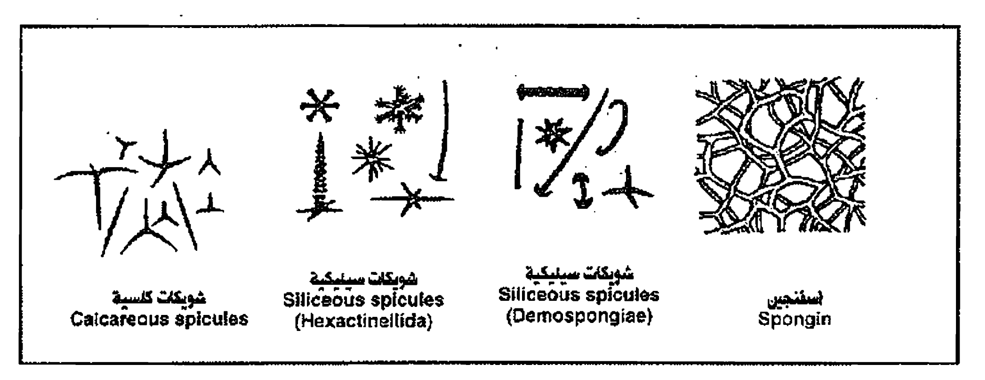
يتميز الأسفنج أنه حيوان جالس وعديم الحركة تقريبًا. ونظرًا لعدم وجود أنسجة عضلية وعصبية تُقارن بتلك التى توجد فى البعديات، فيعتمد الأسفنج فى حمايته على الأشواك التى توجد فى جدار الجسم أو ألياف الأسفنجين المتينة وعلى قوة خروج المياه من الفويهات على شكل نافورة، وقدرتها على انقباض الفتحات الشهيقية. وبذلك تبعد عنها الدخلاء وكذلك على طعمها غير المستساغ ورائحتها المنفرة.

التغذية

تتغذى الأسفنجيات على الفتات العضوية الدقيقة **detritus**، والكائنات الدقيقة مثل الدياتومات والأوليات التى يجلبها تيار الماء، فتؤدى حركة الأسواط التى تبطن التجويف الأسفنجى أو الحجرات السوطية إلى دخول تيار الماء خلال الخلايا الثقبية محملا بالغذاء والذى يمر فى الفراغات التى توجد بين الخملات الدقيقة التى تُكون الخلايا الطوقية ثم إلى قاعدة السوط حيث يُبتلعُ الغذاء (شكل ٤ ـ ٤١) ومنها إلى الخلايا القديمة حيث يتم هضمها. ويمكن للخلايا القرصية أن تبتلع الحبيبات من على السطح، ولكن معظم الحبيبات يتم استهلاكها فى القنوات بواسطة الخلايا القديمة التى تتحرك ملاصقة لبطانة القنوات. وفى كل الحالات يتم الهضم داخل الخلايا بتكوين فجوات غذائية، وتُهضم بنفس الطريقة فى الأوليات. كما يمكن للأسفنجيات أن تمتص المواد الغذائية الذائبة فى الماء الذى يمر خلال الجهاز القنوي. وقد تؤخذ جزيئات البروتين داخل الخلايا المطوقة بالارتشاف الخلوى **pinocytosis**. وبعد الهضم يتم توزيع الغذاء المهضوم بالانتشار وبمساعدة الخلايا الأميبية. وتُستخدم الخلايا الأميبية كمراكز لتخزين الغذاء. أما الغذاء غير المهضوم وجزيئات الطعام الكبيرة فتتجمع عند الطوق وتُطرد للخارج.

التنفس والإخراج

يتم تبادل الغازات بالانتشار البسيط، حيث يتم استخلاص الأكسجين من الماء الذى يدخل من الخلايا الثقبية، ويحمل تيار الماء ثانى أكسيد الكربون الذى يتكون نتيجة التنفس إلى الخارج مع تيار الماء. أما إخراج المواد النتروچينية الناتجة من عمليات الأيض وعلى وجه الخصوص الأمونيا، فيتم من كل خلية إلى الماء المحيط بها بالانتشار البسيط حيث تُطْرد للخارج. وقد وُجدت فجوات متقبضة فى الخلايا القديمة والخلايا المطوقة فى الأسفنجيات التى تعيش فى المياه العذبة. والجدير بالذكر أن المواد الإخراجية للأسفنجيات تكون منفرة لكثير من الحيوانات، وهو نوع من الحماية ضد مهاجمة الأعداء للأسفنجيات.



شكل (٤ ـ ٤٢) *أنواع الشويكات فى الأسفنجيات*

الهيكل

لكل الأسفنجيات تراكيب هيكلية، يمكن التعرف بواسطتها عن أنواع الأسفنج. وهى تتكون إما من أشواك أو ألياف الأسفنجين أو خليط بينهما. ولكل شوكة محور من مادة عضوية تترسب حوله كربونات الكالسيوم (الأشواك الكلسية) أو السيليكا (شكل ٤ ـ ٤٢) (الأشواك السيليكية) وقد تكون تلك الأشواك كبيرة وتكون الهيكل الابتدائى للهيكل العام، أو صغيرة تحمى السطح الخارجى وتقوى قنوات الغرف السوطية.

التكاثر والنمو

تتكاثر الأسفنجيات إما لاجنسيًا أو جنسيًا.

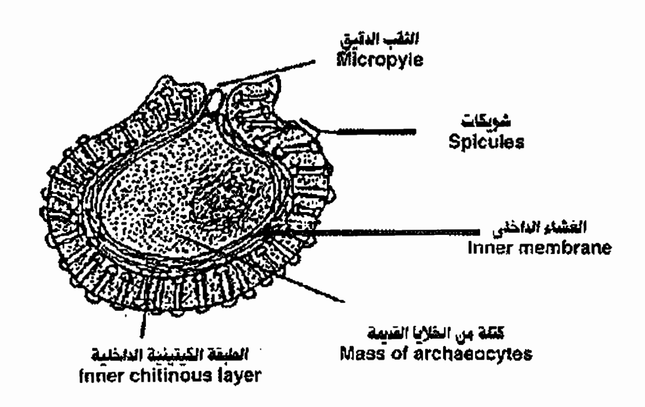
أولا: التكاثر اللاجنسى

١ ـ التكاثر بالتبرعم

ويتم عادة فى معظم الأنواع التى تعيش فى المياه العذبة وبعض الأنواع البحرية بتكوين براعم خارجية عادة بالقرب من القاعدة، وعندما تصل إلى حجم كامل تنفصل عن المستعمرة الأم، أو تبقى متصلة لتكون مستعمرة.

٢ ـ التجديد والتعويض

أى قطعة حية من الأسفنج لها القدرة على النمو إلى حيوان كامل وهى طريقة بطيئة للنمو. وتساهم المفترسات التى تتغذى على الأسفنج فى هذه العملية، فالقطع التى تسقط نتيجة للتغذى على الأسفنج ـ إلى قعر البحر تنمو وتكون أفرادًا جددا. وتجريبيًا أمكن تجميع خلايا الأسفنج والتى يمكنها أن تتجمع لتكون فردًا جديدًا وهى عملية يطلق عليها التكوين الجسدى الجنينى **somatic embryogenesis**.



شكل (٤ ـ ٤٣) *أحدى الدرائر* **gemmules** *لأسفنج يعيش فى المياه العذبة*

٣ ـ تكوين الدرائر

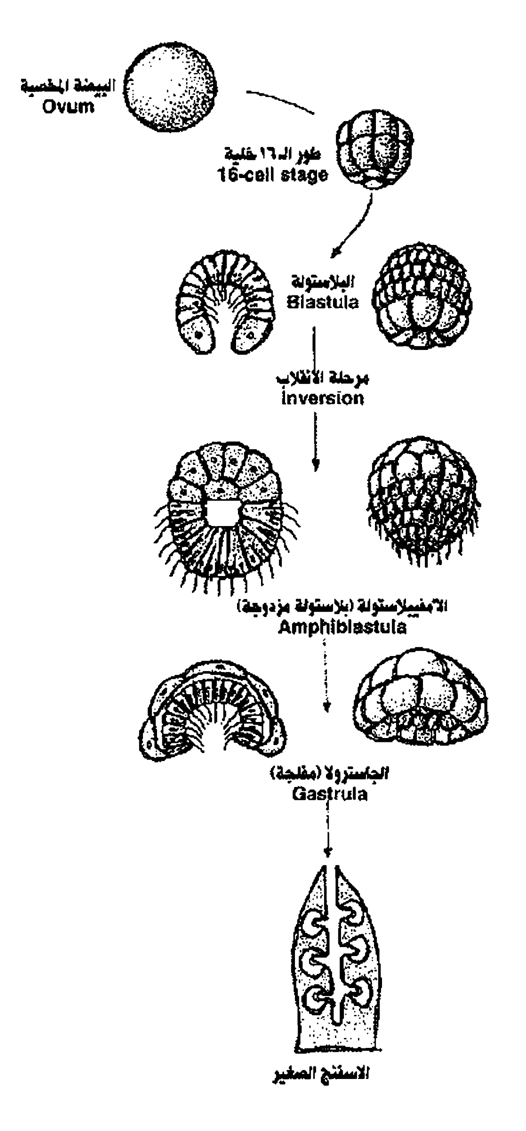
بعض أنواع الأسفنج وخاصة تلك التى تعيش فى المياه العذبة وبعض الأنواع البحرية، والتى تكون ـ تحت الظروف غير المناسبة ـ براعم داخلية يُطْلَق عليها الدرائر **gemmules** (شكل ٤ ـ ٤٣) والتى قد تكون كروية أو كمثرية الشكل وتتكون من مجموعة من الخلايا الأميبية القديمة فى الهلام المتوسط، حيث تكون الخلايا المركزية مملوءة بالغذاء المختزن على هيئة جليكوبروتينات وليبوبروتين (بروتين دهنى). وفى الدرائر تترتب الخلايا المحيطية على شكل عمودى وتفرز غشاء سميكا داخليا وآخر رقيقا

فى الخارج، وتترتب بين الغشائين أقراصا أمفية **amphidiscs** على شكل شعاعى وتتكون لكل دريرة ثقب صغير. وعند اقتراب الظروف البيئية غير المناسبة يتكون عدد كبير من الدريرات داخل الأسفنج والتى يمكنها أن تتحمل الجفاف والتجمد وغيرها من الظروف غير المناسبة وبعد موت الحيوان الأصلى وتُحلله تنطلق الدريرات وعند عودة الظروف الملائمة تخرج محتويات الدريرة من الثقب وتكون أسفنجيا جديدًا. وتكوين الدرائر أمر شائع فى أسفنجيات المياه العذبة (فصيلة سبونجليدى) وهى ظاهرة تدل على التأقلم للظروف البيئية. وكذلك تكون وسيلة لانتشار الأسفنج. وتفرز بعض الأنواع مادة تُثبط النمو المبكر للدرائر، فلا تنمو هذه الدرائر إذا بقيت فى جسم الأم. كما أن أنواعًا أخرى تمضى فترة النضج فى درجات الحرارة المنخفضة (كما فى الشّتاء) قبل أن تبدأ فى النمو.

ثانيا: التكاثر الجنسى

معظم أنواع الأسفنج خناث حيث يحتوى الفرد على خلايا جنسية ذكرية وأنثوية ولكنها لا تظهر فى نفس الوقت. وبعض الأسفنجيات ثنائية الجنس. وتنشأ البويضات والخلايا المنوية من الخلايا المطوقة أو الخلايا القديمة أو حتى من الخلايا الأميبية. وبعض الخلايا الجرثومية تنشأ بابتلاع خلايا أميبية، إذ تكون محاطة بخلايا أميبية تعمل كخلايا مغذية. وتكون البويضات كبيرة وغنية بالمواد الغذائية، أما الحيوانات المنوية فهى أصغر وتتكون من رأس صغير وذيل طويل. وبعد أن يتم نضج الحيوانات المنوية تخرج إلى الغرف المبطنة بالخلايا السوطية حيث يحملها تيار الماء إلى الخارج ومنها إلى أسفنج آخر حيث تدخل إلى الغرف السوطية وتقوم إحدى الخلايا المطوقة بابتلاعها وحملها إلى البويضة التى تلتصق بها ناقلة إليها الحيوان المنوى حيث يتم الإخصاب ويتكون الزيجوت الذى يُحَاط بمحفظة ولادية **brood capsule**، وينمو داخل الطبقة الحشوية حيث يستمد غذاءه من الأم إلى أن تتكون اليرقات المهدبة، وهى يرقات بارنكيميولا **parenchymula** ويُعتبر الأسفنج هنا ولودا **viviparous**، أما فى الأسفجيات البيوضة **oviparous** تفرز الخلايا البيضية والحيوانات المنوية فى الماء حيث يتم الإخصاب ويتكون الزيجوت.

وتنقسم البويضة المخصبة انقساما كاملا ولكنه غير متساو، يؤدى إلى تكوين بلاستولة مصمتة (شكل ٤ ـ ٤٤) بها خلايا صغيرة وأخرى كبيرة. وتُحاط من الخارج بخلايا سوطية وتكون من الداخل مملوءة بالخلايا الأميبية والخلايا القديمة. وتطلق على هذه اليرقة بارنكيميولا **parenchymula** التى تسبح حرة فى الماء. وبعد أن تستقر اليرقة على أحد المرتكزات تهاجر الخلايا السوطية الخارجية إلى الداخل حيث تكون



شكل (٤-٤٤)

مراحل تكوين الأسفنج السيكونى خلال عملية التكاثر الجنسى

الخلايا المطوقة في الحجرات المسوطة. أما الخلايا الداخلية الأميبية فتهاجر للخارج حيث تترتب حول الخلايا السوطية وتنمو لتكون الخلايا القرصية **pinacocytes**، وخلايا حشوية (ميزنشيمية) تكون الطبقة الوسطى. ثم ينشأ بعد ذلك تجويف أسفنجي يكون مبطنًا بالخلايا السوطية التي تنشأ فيها الخلايا المطوقة. وبذلك يتكون تركيب اسكوني.

أما فى الأسفنجيات الكلسية مثل السيكون وقليل من الأسفنجيات الشائعة فتتكون بلاستولة مجوفة يطلق عليها البلاستولة المزدوجة أو الأمفيبلاستولة **amphiblastula** التى تتميز بوجود خلايا سوطية متجهة للداخل (شكل ٤ ـ ٤٤). والتى تنقلب بعد ذلك من الداخل للخارج بحيث تصبح النهايات السوطية متجهة للخارج. وبذلك تكون الخلايا المسوطة (الفلجات الصغيرة **micromeres**) فى إحدى النهايتين والخلايا الكبيرة المسوطة (الفلجات الكبيرة) فى النهاية الأخرى. ثم تنغمد الفلجات الصغيرة للداخل وتكسوها الفلجات الكبيرة. وتصبح الفلجات الصغيرة المسوطة خلايا مطوقة، وخلايا قديمة، وخلايا صمغية للأسفنج الجديد، أما الخلايا غير المسوطة فتصبح الأدمة القرصية والخلايا الهيكلية.

التجديد: للأسفنجيات قوة استثنائية للتجديد ويرجع ذلك إلى استقلالية الخلايا. ويمكن أن يكون التجديد طريقة للتكاثر التى ينشأ عنها أفراد جدد، وتتم العملية كالآتى:

١ ـ بعض أنواع الأسفنج تتقلص بالقرب من نهاية التفرعات ثم تسقط، حيث تكون أفرادًا جددا.

٢ ـ عند قطع أى جزء من الأسفنج فإنه ينمو إلى فرد جديد، ويحدث ذلك عندما تتغذى بعض الحيوانات على الأسفنجيات، فتقع بعض القطع على قعر البحر لتكون أفرادا جددا.

٣ ـ إذا تم ضغط أحد أنواع الأسفنج خلال قطعة نسيج، فسريعا ما تترتب الخلايا المنفصلة لتكون فردًا جديدًا.

وتستخدم قدرة الأسفنج على التجديد فى استزراع أنواع الأسفنج ذات القيمة الاقتصادية. فيقوم المختصون بقطع أجزاء من الأسفنج التى تُلْصق على كتل أسمنتية توضع فى المناطق المناسبة، وبعد عدة سنوات يمكن الحصول على الحجوم المناسبة. وتُمارس هذه العملية على نطاق واسع فى كثير من البلاد وعلى وجه الخصوص فى اليابان.

أنواع الأسفنج

يوجد ٣ أنواع من الأسفنج طبقا لنوعية الجهاز القنوى وهى:

١ـ الطراز الأسكونى Asconoids: Flagellated Spongocoels

وتكون عادة صغيرة أنبوبية الشكل، وتتميز بوجود جدار جسم رقيق، وتؤدى الثقوب مباشرة إلى التجويف الأسفنجى المبطن بالخلايا المطوقة (شكل ٤ ـ ٤٥ أ) وهو عادة منتظم شعاعيا. ومن أمثلته ليوكوسولينا ***Leucosolenia*** واسكتا ***Ascetta***. يوجد هذا الطراز فى طائفة الأسفنجيات الكلسية فقط.

٢ـ الطراز السيكونى أو السيكونيدات: القنوات المسوطة (شكل ٤ـ ٤٥ ب)

Syconoids: Flagellated Canals

جدار الجسم سميك ويحتوى على نوعين من القنوات يتحدان معا بثقوب دقيقة هذه القنوات هى:

١ ـ قنوات شهيقية حيث يدخل الماء خلال عدد كبير من الثقوب الخلوية إلى القنوات الشهيقية التى تكون مبطنة بخلايا قرصية وتفتح للخارج بواسطة فويهات **ostia** وتنتهى هذه القنوات بجزء مقفل بالقرب من التجويف الأسفنجى (شكل ٤ ـ ٤٥ ب).

٢ ـ قنوات شعاعية مبطنة بالخلايا المطوقة السوطية وتفتح فى التجويف الأسفنجى. ويكون التجويف الأسفنجى مبطنا بالخلايا القرصية **pinacocytes** الطلائية وليس بخلايا مسوطة كما فى الطرز السيكونى.

ولا تُكوّن الطرز السيكونية ـ عادة ـ مستعمرات كما فى الطرز الأسكونى ـ وخلال النمو يمر الطرز السيكونى بطور أسكونى حيث تتكون القنوات المسوطة بانبعاج جدار الجسم إلى الخارج. وذلك يبين أن الأسفنجيات السيكونية قد انحدرت من أسلاف سيكونية. ويوجد الطرز الأسكونى فى كل من طائفتى الأسفنجيات الكلسية والسداسية الأشعة. ومن أمثلتها السيكون ***Sycon***.

٣ـ الطراز الليوكونى (الليوكنيدات: الحجرات المسوطة)

Leuconoids: Flagellated Chambers

جدار الجسم سميك جدا وذو ثنيات كثيرة وقنوات شهيقية وزفيرية ذات تفرعات كثيرة. توجد الخلايا المطوقة فى فجوات خاصة تفتح فى القنوات الزفيرية ويُطلَق عليها

الحجرات (الغرف) المسوطة، وتكون القنوات والتجويف الأسفنجي مبطنة بالخلايا القرصية (شكل ٤ - ٤٥جـ). وتكون معظم الليوكونيات كتلا مستعمرية كبيرة لكل فرد فيها فويهته الخاصة به، ولكن لا تكون هذه الأفراد محددة بوضوح ويستحيل تمييزها غالبا (لوحة رقم ٤ ـ ٤)، ويوجد الطرز الليكوني فى معظم أفراد طائفة الأسفنجيات الكلسية، وفى كل الطوائف الأخرى. الأمثلة: يوسيونجيا ***Euspongia***.

أنواع الأسفنج ذات القيمة الاقتصادية: توجد أجود أنواع الأسفنج فى البحر المتوسط فى المنطقة الممتدة من الإسكندرية إلى السلوم وأنواعها هى:

١ ـ **قرص شمع العسل (هاني كومب) honey comb** واسمه العلمى هيبوسبونجيا أكوينا ***Hippospongia equina***، ويوجد فى المنطقة من سيدى عبد الرحمن حتى مرسى مطروح.

٢ ـ **الفنجان التركى Turkey cup** واسمه العلمى يوسبونجيا اوفشينالس ***Euspongia officinalis***، ويوجد فى المنطقة من الإسكندرية إلى سيدى عبد الرحمن.

٣ ـ **الزيموكا Zimoka** واسمه العلمى يوسبونجيا زيموكيا ***Euspongia zimokea*** وينتشر فى المنطقة من مرسى مطروح للسلوم.

وتوجد بعض هذه الأنواع أيضا فى مناطق أخرى من العالم فى المياه المتاخمة لأمريكا واليابان.

التصنيف: تشمل الأسفنجيات أربعة طوائف رئيسية هى:

١- طائفة: الكلسيات (الأسفنجيات الكلسية)

CALCAREA (CALCISPONGIAE)

يتكون الهيكل من شويكات من كربونات الكالسيوم (ومنه اشتق اسمها) التى تكون سجاقًا من شويكات مستقيمة حول الفتحة الزفيرية والشويكات إبرية الشكل، وحيدة، أو ثلاثية أو رباعية الأشعة. وتضم هذه الطائفة الأجهزة القنوية فى الطراز الأسكونى والسيكونى والليوكونى. ومن أمثلتها: سيكون ***Sycon***، ليوكوسولينا ***Leucosolenia*** (شكل ٤ ـ ٤٥، ٤٦ ب) وجرانتيا ***Grantia***، واسكيتا ***Ascetta***.

٢- طائفة: الأسفنجيات السداسية الأشعة (الأسفنجيات الزجاجية)

HYALOSPONGIAE (HEXACTINELLIDA)

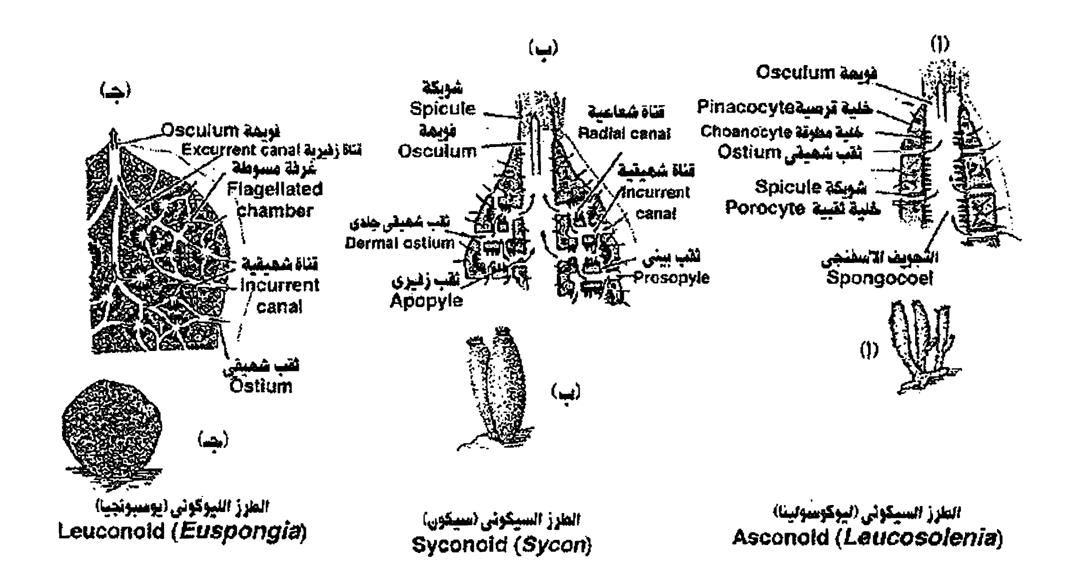
الشويكات سيليكية سداسية الأشعة ممتدة بهيئة متعامدة من المركز. تتحد الشويكات لتكون شبكة. الجسم أسطوانى أو قمعى الشكل. لا توجد أدمة قرصية أو هلام متوسط چيلاتيني. الهيكل جامد ولا توجد خلايا عضلية، الحجرات المسوطة فى طرز سيكونى أو ليوكونى بسيط. تعيش فى المياه العميقة ومعظمها شعاعى التماثل، تلتصق أجسامها بالمرتكز بسويقات من الشويكات الجذرية. ومن أمثلتها يوبلاكتيلا ***Euplectella*** أو سلة زهور فينوس (شكل ٤ - ٤٦أ)، وهيالونيما ***Hyalonema***.

٣- طائفة: الأسفنجيات الشائعة DEMOSPONGIAE

يتكون الهيكل من شويكات سيليكية أو من مادة الأسفنجين أو كليهما. كل أفراد هذه الطائفة ليوكونية الطراز وكلها حيوانات بحرية، ما عدا فصيلة واحدة هى سبونجلليدى **Spongillidea** التى تعيش فى المياه العذبة. وتشمل الطائفة ما يربو على ٩٥٪ من الأسفنجيات الحية من أمثلتها سبونجيللا ***Spongilla***، يوسبونجيا ***Euspongia*** أسفنج الحمام، وهيبوسبونجيا ***Hippspongia***. والنوعان الآخران ينتميان إلى الأسفنجيات القرنية **horny sponges** حيث يتكون الهيكل من مادة الأسفنجين فقط، وبوتريون ***Poterion***، وكوليسبرنجيا ***Collespongia*** وكلا النوعين الآخرين من الطراز الليوكونى (شكل ٤ ـ ٤٦ أ ، جـ، د).

٤- طائفة الأسفنجيات الصلبة SCLEROSPONGIAE

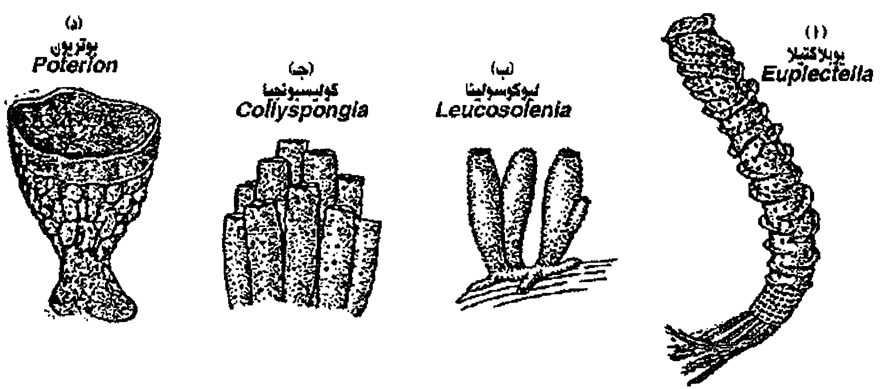
الهيكل قاعدى كثيف من مادة كربونات الكالسيوم لذلك تسمى الأسفنجيات المرجانية **coralline sponges** يمتد النسيج الحى لمسافة تتراوح من ١ مم إلى ٣ سم أو أكثر داخل الهيكل الحى. ولكن سمكه حوالى ١ مم فوق الهيكل. توجد فى معظم الأحيان شويكات سيليكية تشبه تلك التى توجد فى الأسفنجيات الشائعة مع ألياف أسفنجية ـ الطرز السائد هو الليوكونى. وتوجد فى الشقوق والكهوف وفى المياه العميقة مصاحبة الشعاب المرجانية ـ ومن أمثلتها سيراتوبوريللا ***Ceratoporella***، كالسيفيبروسبونجيا ***Calcifibrospongia***.



شكل (٤-٤٥) *أنواع الأسفنج*

(أ) الطرز الإسكونى. (ب) الطرز السيكونى. (جـ) الطرز الليوكونى.

لاحظ تدرج تركيب الأسفنج من الطرز الإسكونى البسيط إلى الطرز الليوكونى المعقد وهو الأساس لجهاز القنوات المائية والأجهزة الهيكلية التى صاحبها ثنى وتفرع الخلايا المطوقة.



شكل (٤-٤٦) بعض *أنواع الأسفنج*:

(أ) يوبلاكتيلا: من الأسفنجيات السداسية الأشعة ذات الشويكات السيليكية.

(ب) ليوكوسولينا: من الطرز الإسكونى.

(جـ) كوليسبونجيا: نوع من الطرز الليوكونى يوجد فى البحار الاستوائية ويتميز بشكل جسمه الأنبوبى الشكل.

(د) بوتريون: أسفنج ليوكونى، كاسى الشكل.

الفصل السادس عشر

البعديات الحقيقية

EUMETAZOA

إن الأوليات هى الكائنات الوحيدة غير الخلوية، أما باقى الحيوانات فهى مبنية على تركيب عديد الخلية والتى تشمل الميتازوا (البعديات) **Metazoa**. وبينما تتميز الأوليات بصغر حجمها، فإن وجود خلايا عديدة أدى إلى تكوين حيوانات كبيرة الحجم وذات تنوع فى الشكل. وبينما تُعتبر الأوليات كائنات كاملة تقوم بكل وظائف الحياة، وذات تركيب متعضى معقد، مع وجود تقسيم فى العمل مثل أجزاء هيكلية ووسائل حركة وليبفات هى بداية تكوين أعضاء الحس، فالميتازوا أحياء عديدة الخلايا تميزت إلى أنسجة وأعضاء تخصص كل منها لأداء وظيفة معينة. ولا يمكن مقارنة خلية الحيوان البعدى بالحيوان الأولى. إذ إن هذه الخلية هى جزء متخصص من الكائن الحى وعادة لا يمكنها أن تعيش بمفردها.

وفى البعديات فإضافة إلى التميز فى الشكل الظاهرى، فهناك توزيع فسيولوجى فى العمل، حيث يقوم عضو معين بوظيفة خاصة. وتتميز البعديات (الميتازوا) بوجود أنسجة وأعضاء وأجهزة. فالحيوان وقد كبر حجمه يلزمه وسائل متعددة لكى يقوم بالعمليات الحيوية. فمثلا قد تخصص الجهاز الهضمى فى عملية هضم الطعام والامتصاص والتخلص من الفضلات، أما الجهاز الدورى فقد تخصص فى نقل الغذاء المهضوم والغازات التنفسية لأجزاء الجسم المختلفة إضافة إلى وظائف أخرى، ويقوم الجهاز العصبى بتآزر الوظائف المختلفة.

شعبة اللاسعات

CNIDARIA

حيوانات هذه الشعبة كلها مائية، ومعظمها يعيش فى البحر، وتُعتْبر من أكثر البعديات بدائية، وهى إما حيوانات مثبتة (جالسة) أو حرة السباحة. وعادة يكون لها تماثل إشعاعى أو تماثل جانبى، وتشمل الهدرات وقناديل البحر وأنيمون البحر والأحياء التى تُكوّن معظم المرجانيات. وأن التلون الفريد والجذاب للكثير من الأنواع مصاحبا للتماثل الشعاعى يعطيها جمالا خلابًا قد يفوق غيرها من الحيوانات. وتتميز اللاسعات بالآتى:

١ ـ يتركب الجسم من طبقتين الخارجية هى البشرة **epidermis** والداخلية هى الأدمة المعدية **gastrodermis** يوجد بينهما طبقة چيلاتينية. رقيقة أو سميكة جدا يطلق عليها الهلام المتوسط **mesoglea - mesohyl** . وأما تكون هذه الطبقة عبارة عن طبقة رقيقة لا تحتوى على خلايا كما فى الحيوانات الهدرية **Hydrozoa**، أو طبقة ليفية تشبه الچيلاتين وتتكون من مادة مخاطية عديدة السكريات، وقد توجد أو لا توجد بها خلايا أميبية.

ولما كانت طبقتا البشرة والأدمة المعدية على هيئة نسيج يحتوى كل منها على خلايا مختلفة لذلك فتُعتبر اللاسعات من مرتبة الخلية ـ النسيج **cell - tissue grade**.

٢ ـ توجد فجوة جسمية واحدة هى الجوفمعى أو التجويف المعدى الوعائى **gastrovascular cavity** مزودة بفتحة واحدة تعمل كفم واست لطرد الفضلات. ويُحاط الفم عادة باللوامس القادرة على الانبساط، وهى ذات تماثل شعاعى.

٣ ـ يكون الهضم خارج وداخل الخلايا.

٤ ـ لا توجد وحدات متخصصة للقيام بالتنفس والإخراج الذى يتم بالانتشار البسيط من سطح الجسم.

٥ ـ الجهاز العصبى على شكل شبكة من الخلايا العصبية وغير مركزة. وتتمثل أعضاء الحس فى العوينات وحويصلات التوازن ومستقبلات الحس.

٦ ـ يتكون الجهاز الهيكلى من مواد كتينية أو بروتينية أو جيرية.

٧ ـ من أهم الصفات الفريدة للاسعات وجود خلايا لاسعة تعمل على حماية الحيوان والقبض على الفريسة وتخديرها.

٨ ـ يتكون الجهاز العضلى من طبقتين: خارجية طولية توجد عند قواعد خلايا البشرة (خلايا عضلية طلائية)، وطبقة داخلية من عضلات دائرية توجد بالخلايا العضلية الغذائية.

٩ ـ تتميز اللاسعات بالتعدد الشكلى **polymorphism**، فهى ثنائية الشكل أو غالبا متعددة فى الكثير من الأنواع. وقد تضم بعض الأنواع أكثر من طرز من الأفراد المتخصصة التى يؤدى كل منها وظيفة معينة مثل التغذية أو التكاثر أو الدفاع.

١٠ ـ تبـدو اللاسعـات عادة في شكلين مـختلـفين: البوليب (الشكل الهـدرى) **polyp** وقد يكون منفردًا أو على هيـئة مستعمـرات، أما الميدوزا **medusa** ـ قنديل البحر ـ فهـو طور سابح منفرد عادة يشبه المظلة وهى رباعـية التماثل، ويقع الفم عادة على الجـانب المقعر للمظلة. أمـا اللوامس فتوجد على حـافة المظلة. وتخلو الميـدوزا من الهيكل، وعـادة تكون الميزوجليـا سمـيكة جدًا. ويطلق على هذا الطور سمكة الجيلى **jellyfish** أو قنديل البحر لوجود المادة الشبيـهة بالچيلاتـين والتى تُكْون معظم الميدوزا. وفى اللاسعـات التى يوجد فيها كـلا الطورين فى دورة الحياة يتكاثر البوليب لاجنسيـا ويُعطى براعما هى الميدوزات والتى تتـكاثر جنسيا لتكويـن البوليبـات. ويطلق على هذه الظاهرة تبادل الأجـيال **metagenesis** أو تبـادل الجيل اللاجنسى البـوليبى والجـيل الجنسى الميدوزى. وقد يكون أحد الطورين غير ممثل فى تاريخ الحياة.

١١ ـ التكاثر لاجنسى وجنسى

والجدير بالذكر أن اللاسعات كانت تُصنف مع المشطيات **Ctenophora** فى شعبة واحدة هي الجـوفمـعويات **Coelenterata**. وبعد أن تم تصنيـف المشطيات في شعـبة منفصلة اُقْـتصر على تصنيف اللاسعـات تحت هذا المسمى لأنه الأفضل حيث يُـشير إلى الصفات الفريدة التى تتميز بها هذه الشعبة وتنقسم اللاسعات إلى ٣ طوائف رئيسية:

أ ـ الحيوانات الهدريه **HYDROZOA** حيث يكون طور البوليب شبـيها بالهدر أكثـر ظهوراً من الطور الميدوزى ومن أمـثلتها حيـوان الهدر (شكل ٤ ـ ٤٧) ***Hydra***، والأوبيليا ***Obelia*** وتبيولاريا ***Tubularia***.

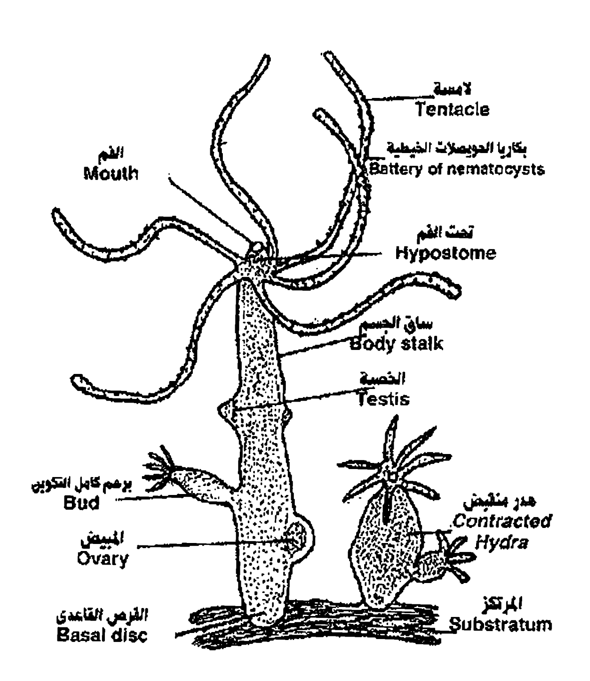
ب ـ الحيوانات القنجانية **SCYPHOZOA** حيث تسود فيها طور الميدوزا. ومن أمـثلتهـا أوريليـا ***Aurelia*** (شكل ٤ ـ ٥٨) وريزوسـتومـا ***Rhizostoma***، وكاسيبويا ***Cassiopeia*** (لوحة رقم ٤ ـ ٧).

ج ـ الحيوانات الزهرية **ANTHOZOA**: كلها بوليبات فقط ولا توجد ميدوزات، وهى تعيش منفردة أو فى مستعمرات. ينقسم التـجويف المعدى بثمانية مساريقا أو حواجـز. وكلها بحرية ومن أمـثلتها: شـقائق النعمـان (لوحة رقم ٤ ـ ٥) والمراجين الحـجـرية. أكـروبورا ***Acropora***، انثـوبلورا ***Anthopleura*** من طويئفـة الزهريات **Zoantharia**. والمراجين اللينة والقـرنية ومنها الألسـيون ***Alcyonium***، وجـورجونيـا ***Gorgonia*** (لوحـة رقم ٤ ـ ٨)، وتيـبيپـورا

Tubipora من طويئفة الألسيونات **Alcyonaria**، وشقائق النعمان الأنبوبية والمراجين السوداء ومنها انثيباتس ***Antipathes***، وسيرانثاس ***Cerianthus*** من طويئفة زوانثاريا (الزهريات **Zoantharia (Hexacorallia** .

١ ـ الهدر *Hydra*

بوليب مثبت (جالس) منفرد يعيش فى المياه العذبة حيث يوجد ملتصقا بالسطح السفلى لأوراق النباتات ـ وهو النموذج المفضل لدراسة اللاسعات ـ ويوجد عادة فى المياه العذبة النظيفة، وكذلك فى الجداول وبرك المياه العذبة. والهدر حيوان أسطوانى الشكل يتراوح طوله من بضع مليمترات إلى ١٠ ـ ٣٠ مم عندما يكون منبسطا (لوحة رقم ٤ ـ ٥). والنهاية اللافمية عبارة عن ساق أسطوانية تنتهى بقرص قاعدى أو القدم (شكل ٤ ـ ٤٧) الذى يُستخدم فى تثبيت الحيوان، ويزوّد القرص القاعدى بخلايا غدية تُمكّن الهدر من الالتصاق بالمرتكز، كما أنه قد

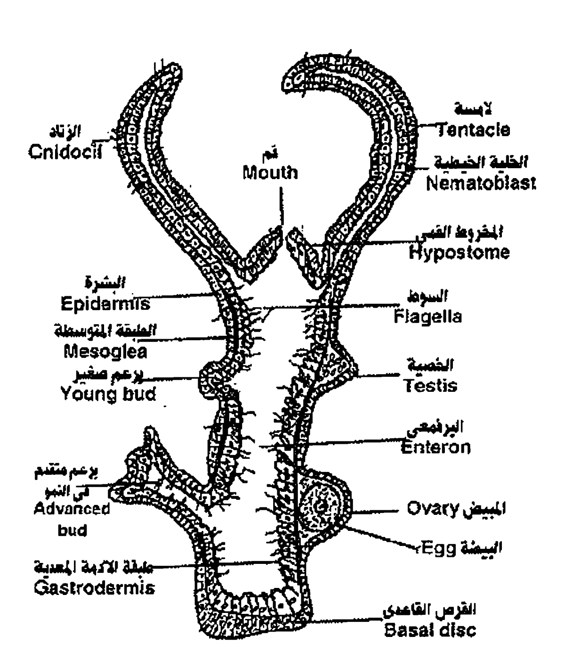


شكل (٤-٤٧) *هدر بالغ يحتوى على أعضاء التكاثر الذكرية والأنثوية والبراعم*

يفرز فقاعة غازية تساعده على الطفو. ويوجد الفم فى منتصف الطرف الفمى أعلى المخروط الفمى **oral cone** والذى يسمى تحت الفم **hypostome** (شكل ٤ ـ ٤٧) ويوجد حول قاعدة تحت الفم ٦ ـ ١٠ لوامس جوفاء على شكل دائرة. وتزداد عدد اللوامس بزيادة عمر الحيوان. وقد تكون الهدرات ذات ألوان مختلفة، ويتوقف ذلك على نوع الطحالب التى تعيش داخل خلايا الجسم معيشة تكافلية، فالهدر الأخضر ***Chlorohydra*** لونه أخضر حيث يحتوى جسمه على طحالب خضراء.

تركيب جدار الجسم

يتركب جدار الهدر من طبقتين؛ الخارجية إكتودرمية وهى البشرة **epidermis** والداخلية إندودرميه وهى الأدمة المعوية **gastrodermis** التى تبطن الجوفمعى **coelenteron** أو التجويف المعدى الوعائى **gastro - vascular cavity** الذى يتصل بتجاويف اللوامس. وتوجد الميزوجليا - الطبقة المتوسطة - بين الطبقتين الخارجية والداخلية وهى لا تحتوى على ألياف، وتتكون من مادة جيلاتينية ولا توجد فيها أية خلايا. وتكون طبقة الميزوجليا سميكة فى الجسم نفسه (الساق) ورقيقة فى اللوامس (شكل ٤ ـ ٤٨). ويتيح هذا الترتيب للمنطقة القدمية أن تتحمل أى جهد ميكانيكى مع إعطاء اللوامس مرونة أكثر. وتعمل الطبقة المتوسطة كدعامة تُعطى الجسم صلابة وتؤدى وظيفة هيكل مرن.



شكل (٤-٤٨) *رسم تخطيطى لقطاع طولى للهدر يحمل خصية ومبيضا وبراعم*

(أ) تتركب البشرة epidermis من ستة أنواع رئيسية من الخلايا (شكل ٤ ـ ٤٩، ٥٢).

١ـ خلايا طلائية عضلية myoepithelial cells: وهى عادة إما خلايا قمعية أو عمادية تُكّون أغلب البشرة، وتتكون كل خلية من جزء خارجى يغطى سطح الجسم، وقاعدى يحتوى على امتدادين أو ثلاثة تحتوى على لييفات عضلية طولية متقبضة مرتبة بموازاة طول الجسم؛ لذلك يعمل انقباض هذه اللييفات على تقصير الجسم وبالعكس. وخلال عملية الانبساط يقل ارتفاع الخلايا الطلائية العضلية متخذه شكلا مكعبا أو حتى مسطحا وتستعيد شكلها عند الانقباض، ورغم أن هذه الطبقة من اللييفات العضلية تقابل طبقة من الخلايا العضلية الطولية، ولكنها لا تتكون من خلايا عضلية حقيقية.

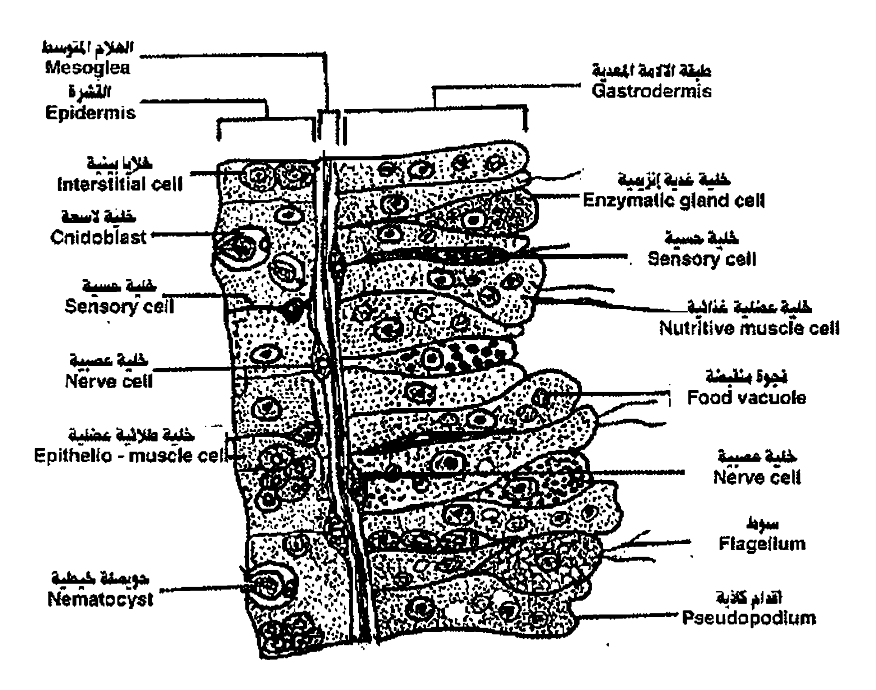
٢ـ خلايا بينية interstitial cells: توجد بين قواعد الخلايا الطلائية العضلية. وهي خلايا غير متميزة يمكن أن تتحول لأي نوع من الخلايا بما فيها البويضات والحيوانات المنوية، أو بناء براعم جديدة. وهي خلايا لا زالت تحتفظ بصفة الخلايا الجنينية. وقد أشار براين Brien, ١٩٤٨ إلى أن خلايا الهدر يمكن أن تستبدل كلها من الخلايا البينية خلال ٤٥ يوما.

٣ـ الخلايا اللاسعة cnidocytes ـ الخلايا الخيطية nematocytes: وهي خلايا متخصصة تحتوي على تراكيب لاسعة أو حويصلات خيطية **nematocysts**. وهي تنتشر بين خلايا البشرة، ولكن توجد بكثرة حول الفم وفي اللوامس في شكل مجاميع يُطلق عليها البطاريات. وتكون الخلية اللاسعة (شكل ٤ ـ ٥٠) كروية أو بيضاوية مزودة بنواة قاعدية، وبروز خارجي يطلق عليه الزناد **cnidoil** وهو عبارة عن سوط متحور له حبيبة حركية عند القاعدة. وتتصل الخلية اللاسعة بخلية عصبية أو لييفة متقبضة لأحد الخلايا الطلائية العضلية، وتحتوي كل خلية لاسعة على حويصلة خيطية وهي عبارة عن محفظة ثنائية الطبقات مملوءة بسائل وهو خليط من البروتينات والفينولات، وتحتوي على خيط لولبي ملتف (شكل ٤ ـ ٥٠) يمكن إطلاقه. ويُغطّى الطرف النهائي للمحفظة بواسطة غطاء **operculum**. تُستخدم الخلايا اللاسعة لتثبيت الحيوان أو حمايته أو القبض على الفريسة. وهي ليست تحت السيطرة المباشرة للخلايا العصبية. وتوجد ٣ أنواع من الخلايا اللاسعة (شكل ٤ ـ ٥١):

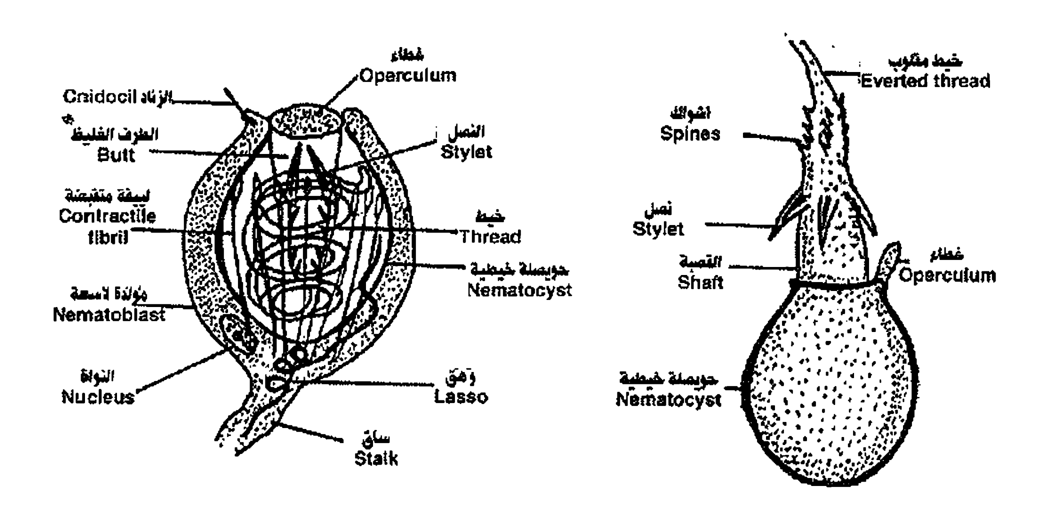
أ ـ **الملتفات volvents**: وتكون مزودة بأنبوبة مقفلة عند نهايتها وملفوفة (شكل ٤ ـ ٥٠)، ووظيفتها الالتفاف حول الفريسة كالزنبرك لتشل حركتها، ولها محفظة تتكون من طبقة واحدة من بروتين مخاطي أو جليكوبروتين.

ب ـ **المخترقات penetrants**: ولها أنبوبة خيطية طويلة مفتوحة تكون مزودة بأشواك وأهلاب. وهي تنطلق بقوة حتى أنها تخترق جسم الفريسة وتحقن بها مادة سامة تتكون من بروتينات وفينولات تعمل على تخدير الفريسة. والجدير بالذكر أن التأثير السام للخلايا اللاسعة للهدر لا يستقبله الإنسان، أما الأنواع الكبيرة من اللاسعات مثل البارجة البرتغالية **Portuguese man - of - war** (شكل ٤ ـ ٦٠ ولوحة رقم ٤ ـ ٧) وكثير من أنواع قناديل البحر قد تسبب عند لسع الإنسان شعورا بحرقان وتهيج للجلد وحساسية لمثل هذه السموم والتي يحس بها المصطافون عندما تلسعهم قناديل البحر.

جـ ـ **اللاصقات glutinants** الأكياس اللاصقة اللاسعة **adhesive nematocyts**: حيث تكون الأنبوبة مفتوحة ولزجة تعمل على تثبيت الحيوان، وقد



شكل (٤-٤٩) قطاع طولى فى جدار جسم الهيدر



شكل (٤-٥٠) خلية لاسعة (خيطية) للهيدر

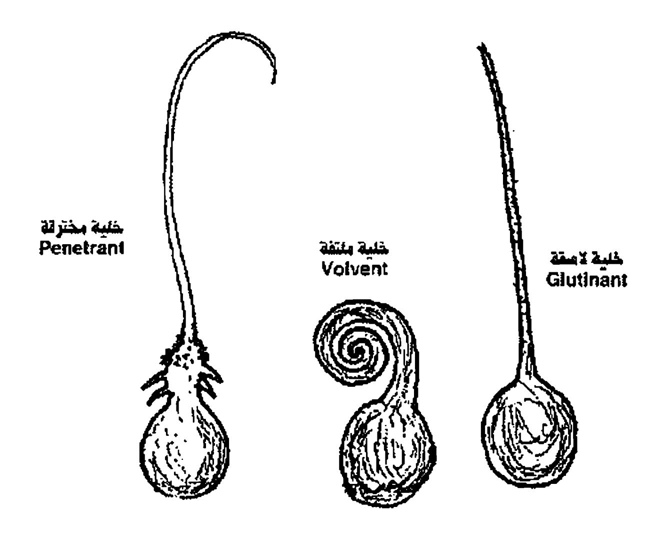
تحتوى على خيوط ملساء أو يكون الخيط ذات أشواك دقيقة. وهى لا تنطلق إلا عند اقتناص الفريسة.

ولا يتم إطلاق الحويصلات الخيطية إلا بوجود مؤثرات كيميائية وهى إفرازات الحيوانات التى تتغذى عليها اللاسعات إضافة إلى وسائل ميكانيكية وهى اللمس، ولكن لا تنطلق عندما تتعرض لإحدى هذه الوسائل فقط. وتحت المؤثر الميكانيكي والكيميائى الذى يُنقل إلى الحويصلة الخيطية تزيد نفادية الخلية اللاسعة مما يؤدى إلى زيادة الضغط داخلها، والذى بمساعدة انقباض الخلية يؤدى إلى فتح الغطاء واندفاع الخيط بقوة كبيرة للخارج. كما أن الخيط فى مسيرته ينقلب داخله خارجه، وعند الطرف المقلوب للخيط تنتصب الشويكات إلى الخارج كالمديات الدقيقة (شكل ٤ ـ ٥١)، ثم يُحقن السم عندما يخترق الخيط جسم الفريسة. وبعد انطلاق الحويصلة الخيطية تهضم باقى الخلية ويتم تجديدها من الخلايا البينية.

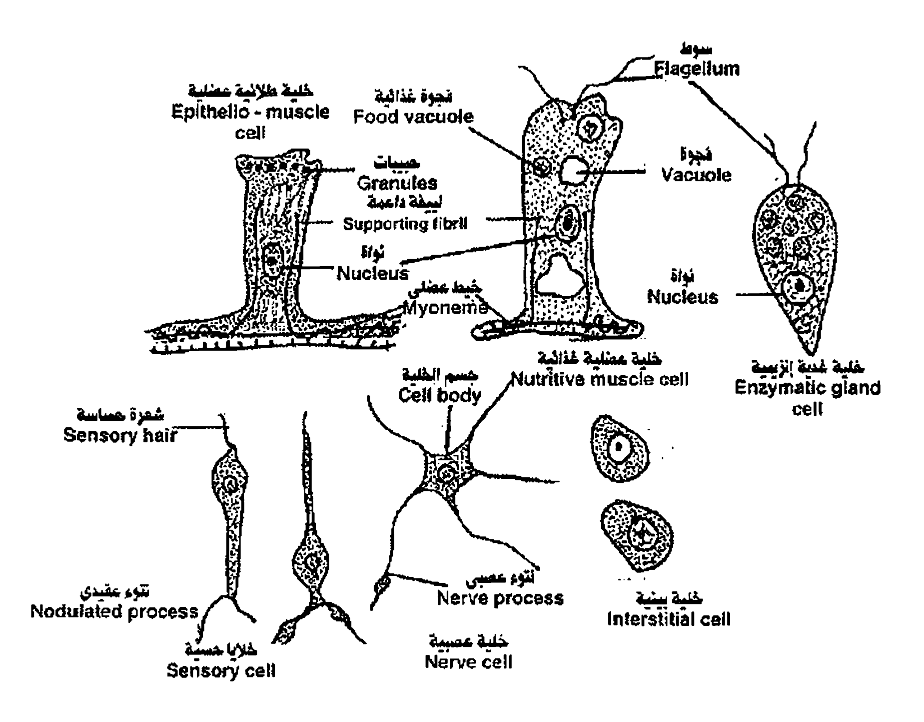
٤ـ خلايا غدية gland cells؛ وعادة تتركز فى القرص القاعدى وحول الفم، وهى مزودة بنتوءات متقبضة وتفرز مادة تساعد على تثبيت الحيوان، وأحيانا تفرز فقاعة غازية يمكن أن تساعد الحيوان على الطفو وتثبيته فوق سطح الماء.

٥ـ خلايا حسية sensory cells؛ وهى خلايا تكثر فى المنطقة الفمية واللوامس والقرص القاعدى. وتزود كل خلية حسية بشعرة حسية (شكل ٤ ـ ٥٢) ذات وظيفة استقبالية ميكانيكية تبرز من سطح الجسم، وقاعدة متفرعة تكون على شكل نتوءات تلامس تشابكًا عصبيا أو تفرعات الخلايا العصبية. وتعمل الخلايا الحسية كمستقبلات للمس والحرارة وغيرها من المؤثرات.

٦ـ خلايا عصبية nerve cells: توجد عند قاعدة البشرة وتحت الميزوجليا. وهى خلايا نجمية الشكل أما ثنائية أو عديدة الأقطاب (شكل ٤ ـ ٥٢)، وتشبه نفس الخلايا المقابلة لها فى الحيوانات الراقية. وإن كانت أكثر بدائية منها؛ وتكون الخلايا العصبية أكثر تركيزا فى منطقة تحت الفم واللوامس وعند قاعدة الجسم. وتتصل نتوءاتها بعضها ببعض لتكون شبكة عصبية غير مركزية تمتد خلال الجسم كله (شكل ٤ ـ ٥٣) عند قاعدة البشرة وتلى الميزوجلينا، وتتصل تلك النتوءات بالخلايا العصبية ومع الليفات العصبية الطولية والعضلية. ويُلاحظ أن التشابكات مع الخلايا العصبية الأخرى ذات اتجاه واحد أو ذات اتجاهين.



شكل (٤-٥١) *أنواع الخلايا اللاسعة فى الهدر*



شكل (٤-٥٢) *بعض أنواع الخلايا التى يتكون منها جدار الهدر .*

(ب) الأدمة المعدية gastrodermis (شكل ٤ ـ ٤٩): وتشمل الخلايا المبطنة للتجويف المعدى الوعائى، وتتكون من خلايا طلائية عمادية سوطية كبيرة ذات قواعد غير منتظمة. وتشمل هذه الطبقة الآتى:

١ ـ الخلايا العضلية الغذائية nutritive - muscular cells: وتشبه الخلايا الطلائية العضلية الخارجية ولكن جزؤها المتقبض يتكون من لييفات دائرية حول الجسم واللوامس. وهى أكثر تركيزا فى منطقة المخروط الفمى حيث تُكوّن ما يشبه عضلة عاصرة. وكذلك عند قواعد اللوامس. ولكن يُلاحظ أن هذه الطبقة العضلية ضعيفة فى الهدر. وعندما تنقبض اللييفات العضلية myonemes فإن الجسم يستطيل ويقل فى القطر. وتوجد عدة أنواع من هذه الخلايا. فالبعض منها يفرز الأنزيمات فى الجوفمعى، والبعض الآخر مزود بأقدام كاذبة لابتلاع جزيئات الطعام وتحتوى على فجوات غذائية. أما البعض الآخر فمزود بسوطين يعملان على دوران محتويات الجوفمعى (شكل ٤ ـ ٤٨، ٤٩، ٥٢). وقد تحتوى خلايا الأدمة المعدية على بعض أنواع الطحالب التى تعطى الحيوان لونًا مميزًا.

٢ ـ خلايا غدية gland cells: تنتشر بين الخلايا الغذائية وأصغر من الخلايا الأخرى، وهى هراوية الشكل تحتوى على حبيبات إفرازية وظيفتها إفراز الإنزيمات الهاضمة، وتخلو من النتوءات العضلية (شكل ٤ ـ ٥٢)، ولا توجد عادة فى اللوامس.

٣ ـ خلايا مخاطية mucous cells: وتكثر فى منطقة الفم حيث تفرز مادة مخاطية تساعد على الهضم ومرور الطعام إلى الجوفمعى.

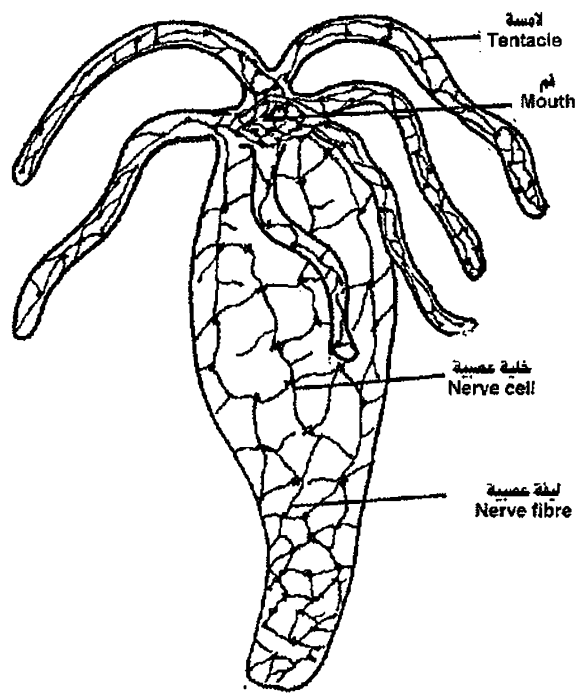
٤ ـ خلايا حسية عصبية neurosensory cells: وتنتشر فى الطبقة الداخلية ولكن بتركيز أقل مما فى الطبقة الخارجية.

٥ ـ خلايا بينية interstitial cells: وهى قليلة وتنتشر بين الخلايا العضلية الغذائية، ويمكنها أن تتحول لأى نوع آخر من الخلايا.

الجهاز العصبى

جهاز بدائى يتكون من خلايا عصبية غير قطبية مرتبة لتكون شبكتين غير منتظمتين واحدة على كل جانب من جوانب الهلام المتوسط (الميزوجليا) (شكل ٤ ـ ٤٩). وتتحد الشبكتان بلييفات عصبية. وتكون الشبكة العصبية الخارجية

أقوى من الداخلية. وهى مركزة على وجه الخصوص فى منطقة الفم واللوامس. وتنتهى الزوائد العصبية (المحاور) مع خلايا عصبية أخرى عند تشابكات عصبية **synapses**، أو عند وصلات بالخلايا الحسية أو بأعضاء الاستجابة مثل الأكياس اللاسعة أو الخلايا الطلائية العضلية. وتنتقل النبضات العصبية من خلية لأخرى بتحرر وحدة إرسال عصبى **neurotransmitter** من حويصلات صغيرة على أحد جانبى التشابك (المشبك) العصبى. وعلى نقيض ما يحدث فى الحيوانات الراقية يتميز المشبك العصبى **synapse** بوجود بصلات من المرسلات العصبية على كلا الجانبين؛ لذلك تسمح بالإرسال عبر المشابك فى أي اتجاه من الاتجاهين. كما تتميز أعصاب اللاسعات بعدم وجود مادة ميلينية **myelin** على المحاور العصبية. ويمكن لنهايات الخلايا الحسية أن تتصل مباشرة بالليفات المتقبضة، أو بخلايا حركية تزود الليفات المتقبضة بالأعصاب. وتوجد شبكة عصبية قوية فى التحتفم والقرص القاعدى حيث تكون الخلايا العصبية أكثر تركيزاً. وتكوّن الشبكة الحسية العصبية والخلايا العضلية ما يُسمى جهازاً حركيا عصبيًا **neuromuscular system** الذى يُعْتبر بداية الأجهزة الحسية الحركية وبين الخلايا العصبية فى الحيوانات الأعلى.

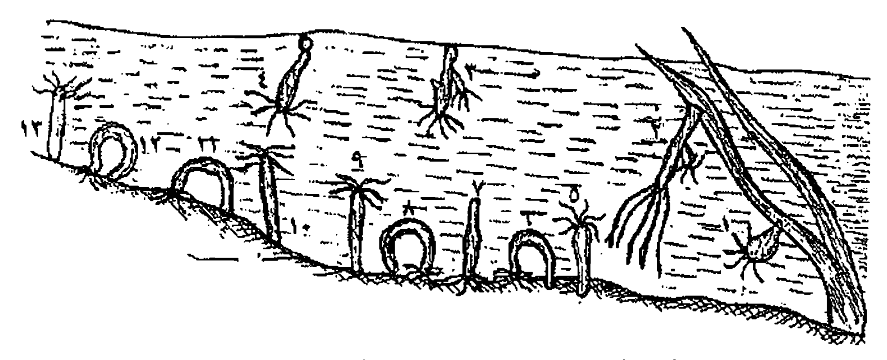


شكل (٤-٥٣) *رسم تخطيطى يوضح الشبكة العصبية فى الهدر*

يستجيب الهدر للمؤثرات المختلفة سواء الداخلية (مثل الجوع) أو الخارجية (كدرجة الحرارة والضوء). فإذا لُمس أحد اللوامس فإن كل اللوامس والجسم تنقبض. وتتوقف الاستجابة للمؤثرات المختلفة على الحالة الفسيولوچية للحيوان. فإذا كان الهدر جيد التغذية فإن الحركة تكون بطيئة، ولكن عند الجوع تكون الاستجابة أقوى. كما أن الاستجابة للمؤثرات تتوقف على نوع المؤثر وشدته، فالهدر يستجيب سلبا للمؤثرات القوية مثل الضوء القوى أو الكيماويات القوية الضارة، ولكن يستجيب إيجابيا نحو الضوء الخافت. وإذا عُرِّض لتيار كهربى خفيف يوجه الهدر نفسه بحيث تتجه النهاية الفمية نحو القطب الموجب، والنهاية القاعدية نحو القطب السالب. وباستخدام التجربة والخطأ يمكن الهدر أن يختار أنسب الظروف البيئية ليعيش فيها.

الحركة

تكون البوليبات (كالهدر) في اللاسعات جالسة على أحد المرتكزات وحركتها محدودة. ويمكن للهدر أن يلتصق بأوراق النباتات المائية الطافية أو أى شيء صلب بصفة مؤقتة. كما يمكنه أن يتحرك بحرية من مكان لآخر، ويمكن أن تكون حركته بالتزحلق ببطء على المرتكز يساعده فى ذلك المادة المخاطية التى يفرزها القرص القاعدى. وقد يعوم الهدر فى الماء باستخدام لوامسه، أو يطفو فوق سطح الماء بمساعدة فقاعة غازية يفرزها القرص القاعدى، ثم تحمله التيارات المائية من مكان لآخر.



شكل (٤-٥٤) *الطرق المختلفة لحركة الهدر:*

(١) حيوان متقبض. (٢) حيوان منبسط.

(٣) حيوان يطفو على سطح الماء. (٤) حيوان يطفو عند سطح الماء بواسطة فقاعة غازية.

(٥-٩) الحركة بواسطة الشقلبة **somersaulting**.

(١٠-١٣) الحركة بواسطة الالتفاف **looping**.

كما يمكن للهدر أن يتحرك بعملية الشقلبة **somersaulting** أو الالتفات **looping** ففي عملية الشقلبة يبسط الهدر جسمه بقدر ما يمكنه ثم يثنى الجسم حتى تلامس اللوامس المرتكز وتلتصق به تساعده فى ذلك الخلايا اللاصقة، ثم ينفصل القرص القاعدى وبذلك يكون الحيوان متجهًا لأعلى ثم ينقبض الجسم وينبسط إلى أكثر ما يمكن ثم ينثنى ويثبت قرصه القاعدى على المرتكز، ثم يطلق لوامسه ويأخذ الهدر الوضع القائم (شكل ٤ ـ ٥٤). وبتكرار هذه العملية ينتقل الحيوان من مكان لآخر. إما خلال عملية الالتفاف فيثنى الهدر نفسه ثم يبسط جسمه ثم يثبت لوامسه، وينزلق القرص القاعدى حتى يقترب من اللوامس التى بدورها تنفصل عن المرتكز ويأخذ الحيوان الوضع القائم (شكل ٤ ـ ٥٤) وبذلك يتقدم الحيوان فى حركته من مكان لآخر.

التغذية

الهدر من الحيوانات التى تتغذى على غيرها من الأحياء مثل القشريات الصغيرة كبراغيث الماء والسيكلوبس والبراميسيوم والديدان ويرقات الحشرات وغيرها. وعندما تلامس لوامس الهدر إحدى فرائسه فسريعا ما يؤدى ذلك إلى إطلاق الحويصلات الخيطية التى تعمل على تخدير الفريسة وشل حركتها. ثم تسحب اللوامس الفريسة (لوحة رقم ٤ ـ ٥) نحو الفم الذى تتسع فتحته لاستقبال الفريسة. ويساعد الإفراز المخاطى على انزلاق الفريسة إلى التجويف المعدى الوعائى، ولا تُدْفع الفريسة للجوفمعى أو تُبْلع بالفعل العضلى، ولكن بفعل الحركة الدودية للجسم. وقد وُجد أن المؤثر الذى يؤدى إلى اتساع فتحة الفم هو مادة كيميائية تسمى جلوتاثيون **glutathione**. وقد لُوحظ أن الهدر يلتهم فقط الحيوانات التى تطلق كمية كافية من المادة الكيميائية التى تنشط الاستجابة للتغذية. وهذا يفسر لماذا يفضل الهدر حيوانات معينة مثل براغيث الماء ***Daphnia*** (شكل ٤ ـ ١١٩ج).

ويتم الهضم داخل التجويف المعدى الوعائى بإفراز الإنزيمات الهاضمة التى تهضم الطعام جزئيا، ثم تلتهمه بعض الخلايا الغذائية الطلائية بالأقدام الكاذبة حيث يتكون فيها فجوات غذائية. ويتم هضم البروتين والدهنيات داخل الخلايا. وتعمل حركة الأسواط المبطنة للجوفمعى على خلط الطعام مع الأنزيمات، ثم تُطْرد الفضلات غير المهضومة من الفم بانقباض الجسم. وقد تحمل الخلايا الأميبية الحبيبات غير المهضومة إلى التجويف المعدى الوعائى حيث تُطْرد فى النهاية مع غيرها من المواد غير القابلة للهضم. ثم تمتص الخلايا المغذية نواتج الهضم والتى تنتشر منها إلى جميع أجزاء الجسم بالانتشار البسيط.

ويلاحظ أن بعض أنواع الهدرات مثل كلوروهدرا فيريدس ***Chlorohydra viridis*** يعتمد على الكربوهيدرات التى تقوم بتخليقها الطحالب الخضراء التى تعيش

معيشة تكافلية فى الخلايا الطلائية المغذية. أما الطحالب فتستفيد من ثانى أكسيد الكربون الناتج من تنفس الهـدر، وكذلك المواد النتروچـينية المخرجـة وبذلك تساهم فى عـملية الإخراج.

التكاثر

يتكاثر الهدر - وكل اللاسعات أيضًا - بعملية التكاثر اللاجنسى والجنسى:

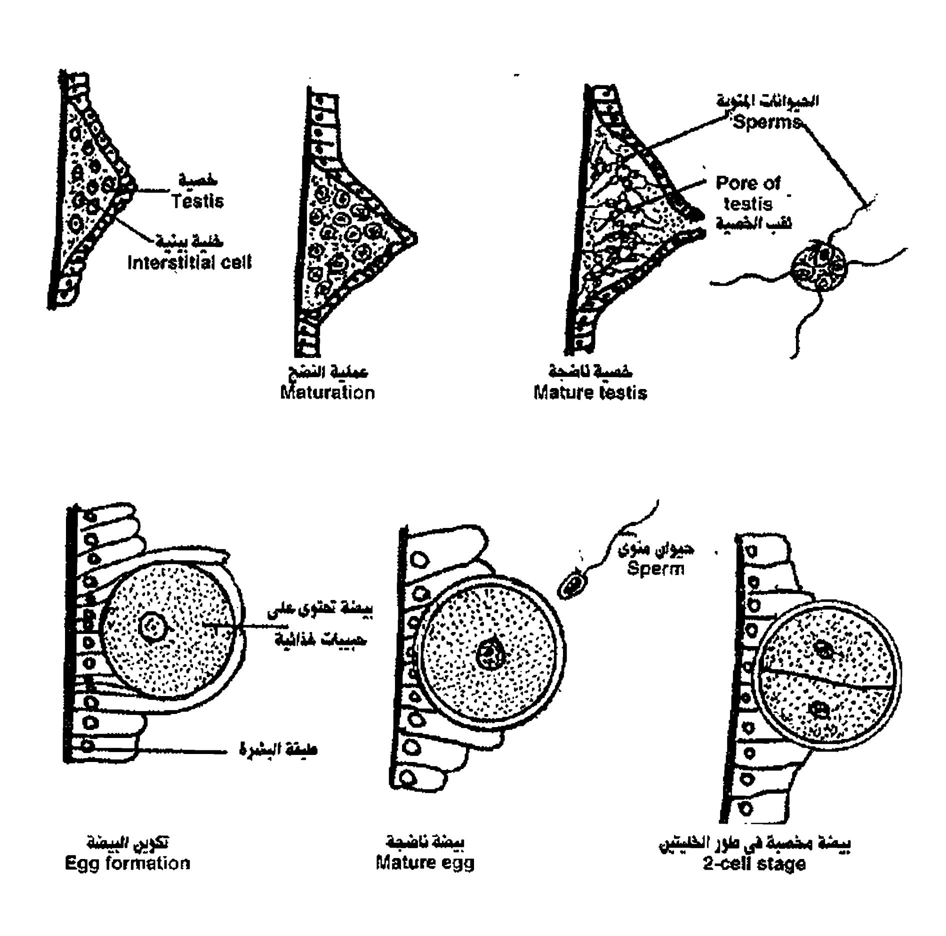
١- التكاثر اللاجنسى

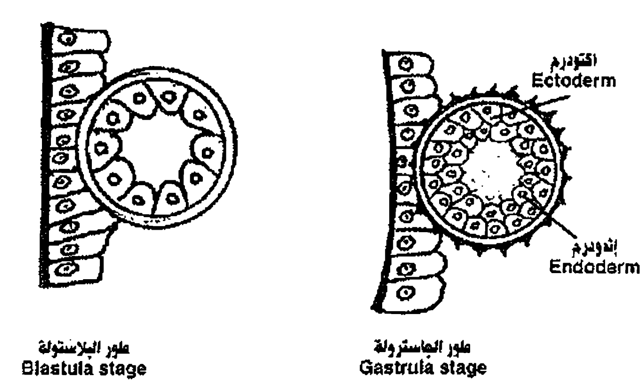
يتضمن تكوين البراعم، وهى الطريقة الشائعة عندما تكون الظروف البّيئية مناسبة والطعام وفـيرًا. إذ يتكون انبعـاج بسيط (شكل ٤ - ٤٧، ٤٨) لخـارج الجسم ينتج عن تكاثر الخلايا البينية، ثم ينمو تدريجيا ليكون فجوة مركزية والتى تكون متصلة بالتجويف المعدى الوعائى الأصلى للحيوان الأم. ثم تتميز خلايا البرعم إلى طبقتين، ويتكون عند نهايته البعيدة الفم واللوامس، وتكون فجوة البرعم مستمرة مع فجوة الحيوان الأم. وقد يبقى البرعم ملـتصقًا مؤقتًـا أو بصفة مستـمرة بالحيوان، ولكن فى الهـدر عادة ينفصل البرعم عن الحيوان الأصلى ليُكوّن فردًا مستقلاً.

وقد يتم التـكاثر اللاجنسى بالانشطار الذى يكون طوليا أو عـرضيـا. ووجد أنه حتى الأجزاء المقطوعة من الحيوان يمكنهـا أن تعطى حيوانات أخرى. وقد أوضح العالم ترمبلى ١٧٤٥ **Trembley** أنه إذا قطع الهـدر إلى عدة أجزاء كـل منها يحتـوى على الطبقتين فإن كل جزء ينمو ليكون حيوانًا كاملاً. والجدير بالذكر أن كل جزء من الحيوان يحتفظ بالقطبـية الأصلية، إذ إن اللوامس والفم يتكونان عند نهاية القطع القـريبة منها، وكذلك الأمر بالنسبة للقرص القاعدى.

٢- التكاثر الجنسى

على نقيض اللاسعات الأخرى يتكاثر الهدر جنسيا عند حلول الظروف البيئية غير المناسبة والتى قد تكون حافزًا لهذه العمليـة. مثل: فى فصول الخريف والشتاء. والهدر بأنواعه وحـيد الجنس (أى ثنائى المسكن - **dioecious**) ونادرًا ما يكون خنثى. وإن كلا من المبيض والخـصية لا ينضجان فى نفس الـوقت، وعادة تنضج الخصية قـبل المبيض. وقد وُجد أنه يمكن تحفيز تكوين المناسل تجريبيا بخفض درجة الحرارة. كما وجد أن زيادة كمـية ثانى أكسـيد الكربون والتقليل من التـهوية قد تكون مـن العوامل التى تؤدى إلى ظهور المناسل، حتى لقد أطلق على غاز ثانى أكسيد الكربون «الغاز الجنسى **sex gas**».







هدر صغير يخرج من الحوصلة
Young *Hydra* coming
out of oyst

شكل (٤-٥٥) التكاثر الجنسي في الهدر

والمناسل ليست مناسل بمعنى الكلمة، ولكنها تراكيب مؤقتة تتكون من الخلايا البينية فى طبقة البشرة. وفى أنواع الهدر الوحيد الجنس تتكون الخصية بالقرب من المخروط الفمى فى الجزء الأعلى من ساق الجسم، أما المبيض فيتكون فى النصف الأسفل القريب من القرص القاعدى. والجدير بالذكر أنه فى الحيوانات الهدرية الأخرى **Hydrozoa**، تنشأ المناسل أيضا من البشرة ولكن تحملها الميدوزا. إما فى الميدوزا الفنجانية **Scyphomedusae** فيتكون لها مناسل من طبقةالأدمة المعدية. أما فى الحيوانات الزهرية **Anthozoa** فالمناسل إندودرمية وتكون محمولة داخليا على حواجز البوليب.

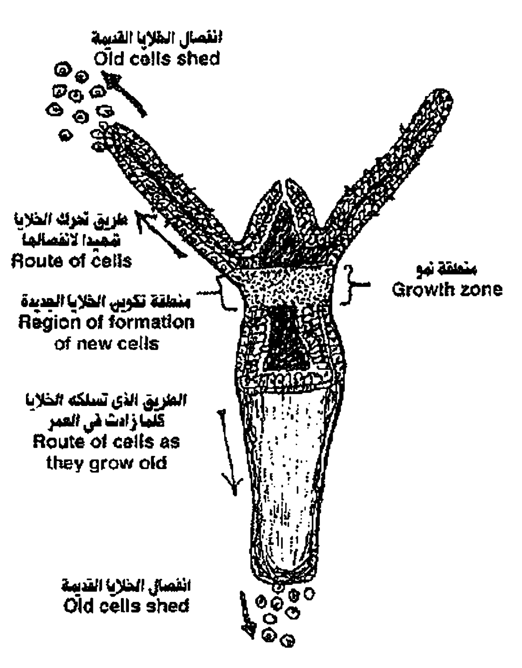
وتتكون الخصية فى الهدر من كتلة مخروطية تتكون فيها الحيوانات المنوية بالانقسام الاختزالى للخلايا البينية، ولكل حيوان منوى رأس صغير وذيل طويل (شكل ٤ ـ ٥٥). وعندما تنضج الحيوانات المنوية تنطلق للخارج من ثقب صغير فى الخصية. وتتكون البيضة بطريقة مختلفة إذ تقوم إحدى الخلايا البينية بابتلاع الخلايا المجاورة، وتنمو فى الحجم على حساب الخلايا الأخرى. وبذلك تتكون بيضة واحدة كبيرة، بينما تعمل الخلايا الأخرى كخلايا مغذية لها. وعندما تنضج البيضة تتمزق الطبقة التى تغطيها وتصبح البيضة جاهزة للإخصاب.

وتتم عملية الإخصاب ولا زالت البيضة ملتصقة بالحيوان الأم، ثم يُحاط الزيجوت بحويصلة كيتينية. وتبدأ البيضة فى التفلج لتكون بلاستولة مجوفة، وتُكون الطبقة الخارجية طبقة البشرة (الإكتودرم)، ثم تتحول البلاستولة إلى جاسترولة. ثم تبدأ الخلايا الداخلية فى تكوين طبقة داخلية إندودرمية ملاصقة لطبقة الإكتودرم الخارجية. ثم تبدأ خلايا كل من الإكتودرم والإندودرم فى التميز، ثم تتكون اللوامس ويظهر الفم (شكل ٤ ـ ٥٥) وبذلك يتكون فرد جديد. وعادة ينفصل الجنين المحاط بالمحفظة من الأم وهو فى طور البلاستولة أو الجاسترولة. وبحلول الربيع وارتفاع درجة الحرارة تتم عملية التكوين وتصبح الحوصلة لينة وتفقس عن هدر صغير سريعًا ما ينمو ليكون الحيوان اليافع.

التجديد: تُعتبر عملية التجديد عملية لإحلال الأجزاء المفقودة أو تلك التى أُتْلفت، أو حتى تكوين حيوان جديد كامل من أجزاء صغيرة من الحيوان الأصلى. وللهدر قدرة كبيرة لاستعادة الأجزاء المفقودة بعملية التجديد، وقد اكتشف العالم ترمبلى ١٧٤٥ **Trembley,** قدرة الهدر على التجديد، إذ وجد أنه إذ قُطعّ الهدر إلى ثمانية أجزاء

فينمو كل جزء ليكون حيوانًا جديدًا. حتى إنه يمكن غرس أجزاء من أحد أنواع الهدر من نفس النوع أو أنواع أخرى فإنها تنمو لتكون فردًا جديدًا. وتكون الخلايا الإكتودرمية بنتوءاتها الأميبية مسئولة عن ذلك.

وقد وجد بعض العلماء في دراستهم عن نمو الهدر بإنه يُعتبر حيوانا قد لا يموت. حيث توجد طبقة للنمو **growth zone** تحت اللوامس مباشرة (شكل ٤ ـ ٥٦)، وإن الخلايا التي تنشأ من منطقة النمو هذه تجد طريقها للطرفين العلوي والسفلي للحيوان حتى القاعدة. ووجد أن الهدر يجدد نفسه كل ٤٥ يومًا تقريبًا. وقد وُجد أن الخلايا المسئولة عن التجديد هي الخلايا البينية التي احتفظت بصفتها الجنينية والتي إذا أُتْلفت مثلا باستخدام أشعة إكس فيعيش الهدر لبضعة أيام فقط. والجدير بالذكر فقد وجد أن الهدر إذا قلب بشرط أن يكون داخله خارجه والخارج داخلاً فيقوم الحيوان باستعادة وضعه الطبيعي أو تهاجر خلايا كل طبقة إلى الطبقة الأخرى. ووجد أن هجرة هذه الخلايا خلال الهلام المتوسط (الميزوجليا) لا تتم إلا في الأجزاء التالفة.



شكل (٤-٥٦) *رسم تخطيطي يوضح إزالة خلايا الهدر وتجديدها من منطقة نمو توجد أسفل المخروط الفمي*

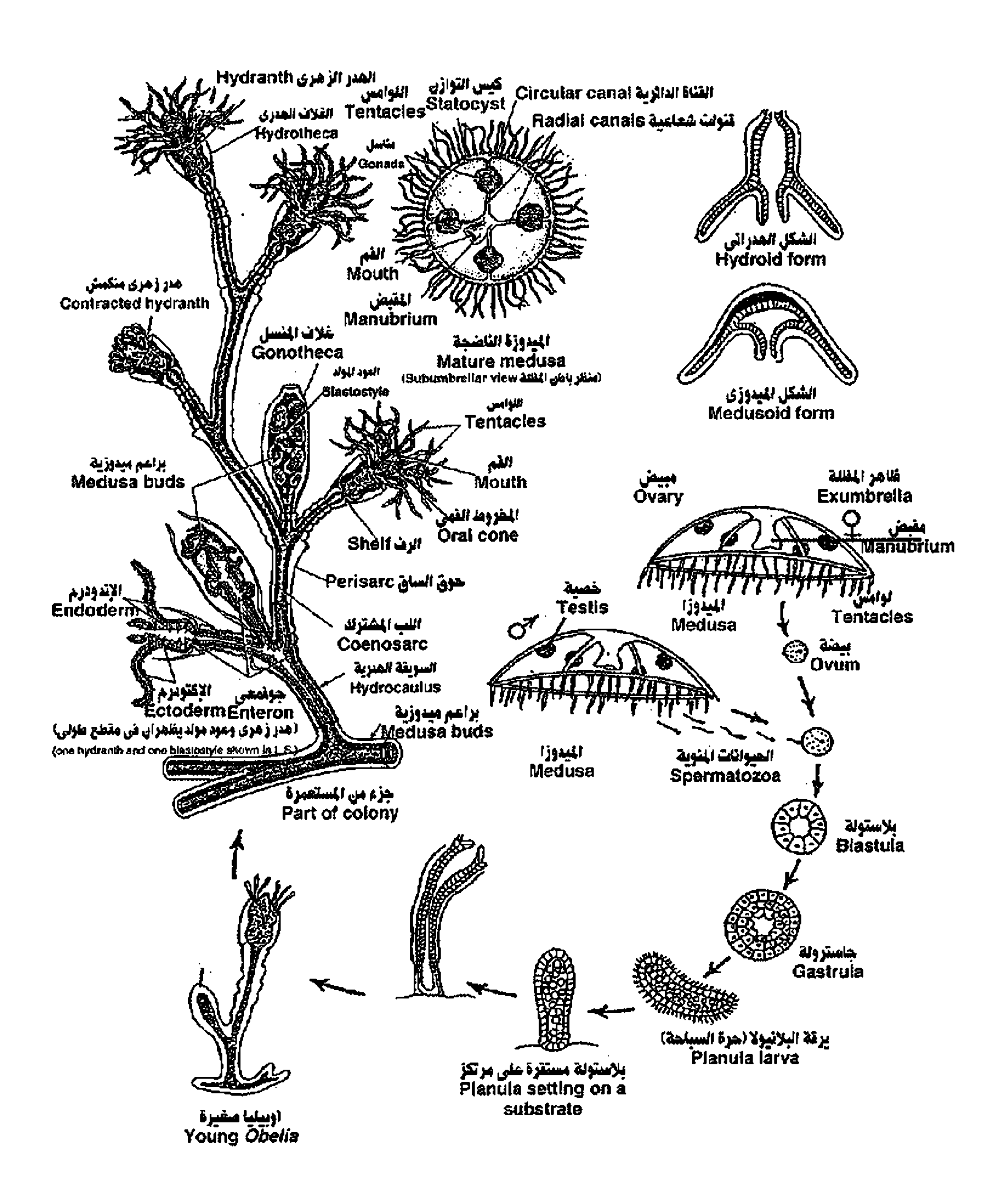
٢ـ الأوبيليا *Obelia*

حيوان بحري ثنائي التشكل حيث يظهر في تاريخ الحياة الشكل الهدراني والميدوزا. وفي الهيئه الهدرية يكون الحيوان على شكل مستعمرة تتكون من بوليبات صغيرة حيث يلتصق بالصخور أو الأعشاب البحرية. أما الشكل الميدوزي فيكون حر السباحة.

الشكل الظاهري والتركيب

تتركب مستعمرة الأوبيليا (شكل ٤ ـ ٥٧) من جزء أفقي شبيهة بالجذر يطلق عليه الجذر الهدرى **hydrorhiza** والذى يمتد فوق سطح المرتكز ويخرج منها ساق أو أكثر يطلق عليها السويق الهدرى **hydrocaulus**، ثم تظهر فريعات صغيرة على جانبى السويق الهدرى ينتهى كل منها ببوليب. وتظهر البوليبات على شكلين: شكل هدرى يحتوى على فم محاط باللوامس التى تُسْتخدم فى جمع الطعام وتُطْلق عليها البوليبات المتغذية **feeding polyps**. أما الأفراد الأخرى فتخلو من الفم واللوامس ووظيفتها التكاثر الجنسى وتسمى البوليبات التكاثرية أو الأعواد المولدة **blastostyles**. ويُلاحظ أن الجذر الهدرى والسيقان والبوليبات كلها مجوفة وتكون كتلة لينة يُطْلق عليها اللب المشترك **coenosarc** الذى يحتوى على الإكتودرم والإندودرم والميزوجليا والتجويف المعدى الوعائى.. ويتركب الإكتودرم والأندودرم من نفس أنواع الخلايا التى توجد فى الهدر. ولكن يفرز الإكتودرم غلافًا كيتينيا غير حى يطلق عليه حوق الساق **perisarc** وهو الذى يغطى كل المستعمرة، ويعمل على أن تكون المستعمرة والسيقان منتظمة. ويكوّن هيكلاً خارجيا للحماية ويحيط بالبوليبات. ويكون معقلا (شكل ٤ ـ ٥٧) فى مسافات معينة ليعطى المستعمرة القدرة على الانثناء. وتتكون المستعمرة من أفراد من الهدرات الزهرية والأعواد الجرثومية:

١- الهدر الزهرى hydranth: يُعتبر كل فرد هدرى فردًا كاملاً يتكون من نفس التراكيب التى فى جسم الهدر. وهو مزود بمخروط فمى **oral cone** تحيط به حلقة من اللوامس يصل عددها إلى ٢٤ لامسة وهى مصمتة. ويتكون جزؤها الداخلى من الأندودرم. ويحاط الهدر الزهرى بهيكل فنجانى هو امتداد لحوق الساق، مع وجود حاجز يبرز عند القاعدة. ويمكن للهدر الزهرى ـ عند الهجوم ـ أن تنقبض لوامسه ويدخل داخل الفنجان الهدرى للحماية. والهدر الزهرى هو الفرد الذى يقتنص ويبتلع الغذاء ـ الذى يتكون من القشريات الدقيقة والديدان وغيرها ـ بنفس الطريقة التى يتغذى بها الهدر. فاللوامس تكون مزودة بالخلايا الحوصلية اللاسعة التى عندما تلمسها الفريسة تنطلق لتخدرها وتشل حركتها، ثم تجْذب الفريسة إلى الفم ومنها إلى الجوفمعى حيث يبدأ هضم الطعام وامتصاصه وتوزيعه على جميع أجزاء المستعمرة بمساعدة حركة الخلايا السوطية المبطنة للجوفمعى تعاونها الانقباضات المنتظمة ونبضات الجسم التى توجد فى كثير من الهدرات. وكما فى الهدر يبدأ الهضم خارج الخلايا ثم يتم داخل الخلايا فى الفجوات الغذائية للخلايا الإندودرمية. ويعمل الحاجز القاعدى بالقرب من قاعدة الحيوان الهدرى على تضييق الفتحة بين الهدر الزهرى والسيقان وبذلك يمنع دخول جزيئات الطعام الكبيرة إلى حوق الساق.



شكل (٤-٥٧) جزء من مستعمرة الأوبيليا ودورة حياتها
وكيفية نشأة الشكل الميدوزى من الشكل الهدرانى

٢- العـود الجـرثومى (المولد ـ بوليب تناسلى **blastostyle**) (شكل ٤ ـ ٥٧):
حيوان هيدرانى متحور ومتخصص لعمليات التكاثر ومزود بفتحة فى أعلاه تسمى الثقب المنسلى **gonopore**، ويوجد العود المولد عـادة فى إبط الهدر الزهرى والساق. ويتكون من جسم مستطيل مجوف يخلو من الفم واللوامس ويحـيط به امتداد شبيه بالزهرية من حوق الساق يُطْلق عليه الغلاف المنسلى **gonotheca**. ويكون جدار الجسم والجوفمعى للعود المولد متصلاً مع غيره بالمستعـمرة والتى من خلالها يحصل على نصيبه من الغذاء الذى تهـضمـه الهدرات الزهرية. ووظـيفـة العود المولد تكاثرية إذ إنـه بعمليـة التكاثر اللاجنسى يكون الميدوزا التى عند اكـتمال نموها تنفصل واحـدة تلو الأخرى وتخرج من الثقب المنسلى لتعيش معيشة حرة بعيدًا عن المستعمرة.

٣- الميدوزا: لهـا جسم يشـبه الجرس يُـطْلق على جزئه العلوى المحـدب السطح الخارجى للمظلة ـ ظاهر المظلة **exumbrella**، أما جـزؤه السفلى المقـعر يسـمى باطن المظلة **subumbrella**. وتكون الميدوزات الهـدرية أصغر من الميدوزات الفنجـانية حيث يتراوح قطرها من ٢ ـ ٣ مم إلى عـدة سنتيمتـرات. وتبرز من مركـز باطن المظلة أنبوبة قصيرة مـجوفة هى المقبض **manubrium** التى يفتح فى نهايته الفم، ويؤدى الفم إلى تجويف مـعدى وعائى يتكون من فجـوة معدية صـغيرة فى المركز يخـرج منها ٤ قنوات شعاعية تتصل بقناة دائرية توجد على الحافة الخارجية للميدوزا (شكل ٤ ـ ٥٧).

وتتمـيز الميدوزا بوجود بروز يُطْلق عليـه النقاب **velum** الذى يبرز للداخل عند الحافة الحرة للميدوزا. ويغلق النقاب الجانب المفتـوح من الجرس إغلاقًا جزئيا ويُستخدم فى السباحـة. وتعمل الانقباضـات العضلية على ملء وتفريغ الجرس بـالتبادل على دفع الميدوزا للأمـام، الجانب اللافمى أولاً، وذلك بنـوع من الدفع النفاث **jet propulsion** وتُزوّد حافة الميدوزا بحوالى ست عشرة لامسة صلبة تتركز فيها الخلايا اللاسعة. ويوجد عند قاعـدة ثمان من اللوامس ثمـانية أعضـاء للتوازن يطلق عليـها حويصـلات التوازن **statocysts**. وهى أعضـاء توازن يتكون كل منها من كيس صـغير مملوء بسـائل مبطن بطبقة أكتودرمية تبرز منها نتوءات بروتوبلازمية حسية تلامس حبيبة صغيرة من كربونات الكالسيوم هى حـجر التوازن **statolith** الذى يتدلى من سقـفها ووظيفـته حفظ توازن الميدوزا.

وللميدوزا أربعة مناسل بيضاوية الشكل تتدلى من باطن المظلة تحت الأربعة قنوات الشعاعـية. والجدير بالذكر أن الخـلايا التناسلية نشأت من الإكتـودرم. والميدوزا أحادية

المسكن، أىْ أن كل ميدوزا تحـمل مناسل لجنس واحد فقط (إما مبايض أو خـصى) كما أن الميدوزا التى تُنْتِجَها مستعمرة معينة تكونُ من نفس الجنس.

ويغطى الإكتودرم السطح الخارجى للميدوزا، أما الإندودرم فيبطن الفجوة المعدية الوعائيـة والقنوات. أما فى المناطق بين القـنوات فتوجـد صفيـحة صلبـة. ويملأ الهلام المتوسط الفراغ بين الإكتودرم والإندودرم وهو أكثـر ثخانة فى الميدوزا منها فى البوليب. ولما كانت الميدوزا تسـبح حرة فى الماء لذلك فالأنسجة العـضلية والعصبيـة أكثر تكوينًا، فمثلا النتـوءات العضلية للخلايا الطلائية العضلية للإكـتودرم تكون أفضل تكوينًا مما فى البوليـب، حتى أن بعضًـا منها يُكوّن اليـافًا عـضلية ذات أنوية واضـحة. وإضـافة إلى الشبكتين العصـبيتين توجد للمـيدوزات حلقة عصبية تعمل كمركـز تحكم، إضافة إلى وجود أعضاء حسية.

وتطفـو الميدوزات سـابحة على سطح الماء وظاهـر المظلة لأعلى وباطنها لأسـفل وذلك بحركات انقباضية وانبساطية لجسم الميدوزا. وثمة تآزر فى حركات السباحة، كما تبقى الميدوزا أفقيـة بفضل أعضاء التوازن. وتتغذى على الأحيـاء الدقيقة التى توجد فى الماء بواسطة لوامسها ثم تُدْفع للفم حيث تبلع الفريسة حيث يتم هضمها جزئيا فى المعدة ثم تسرى حـبيبـات الغذاء الصغـيرة فى القنوات الشعـاعية حيث تُـبْلع بواسطة الخلايا الأندودرمية ليـتم هضمها داخل الخـلايا بتكوين الفجوات الغذائيـة ثم يوزع الغذاء على جميع أجزاء الميدوزا بالانتشار.

مقارنة بين البوليب والميدوزا: أن بوليبات وميدوزا الأوبيلـيا وغيرها من الميدوزات، متـجانسـة، وإن كان لهمـا مظهران مـختلفان تمـاما. ولكن يمكن أن تنشـأ الميدوزا من البوليب. فإذا حدث للبوليب تفلطح تدريجى ليصبح شبـيها بالقرص فسرعان ما يصبح التجـويف الداخلى مختزلاً ومـبططًا من أعلى لأسفل. ثم يتم قفل هذه التـجويف فى أجزاء مـعينـة ما عـدا الجزء الأوسط وأربعـة قنوات شعـاعيـة وقناة دائرية وبذلك يمكن الحصول على الميدوزا (شكل ٤ ـ ٥٧).

التكاثر ودورة الحياة

تتكاثر الأوبيليا لاجنسيا وجنسيا:

١ ـ التكاثر اللاجنسى

يتم بواسطة التـبرعم حيث تتكون الأفـراد الهدرية والأعـواد الجرثوميـة، وحتى الميدوزا تنشأ بالتبرعم من الأعواد الجرثومية.

٢ـ التكاثر الجنسي

تمثل الميدوزا الطور الجنسي، كما سبق وذكرنا أن مستعمرة الأوبيليا إما تكون ذكرية أو أنثوية حيث تكون الميدوزا التي تنطلق من الثقب التناسلي إما ذكوراً أو إناثاً. وتحتوى الميدوزا على أربعة مناسل تتكون من الإكتودرم. وعندما تنضج تُنتج إما بيضًا أو حيوانات منوية التي تنطلق في الماء حيث تتم عملية الإخصاب ويتكون الزيجوت الذى ينقسم بالتفلج الذى يؤدى إلى تكوين البلاستولة فالجسترولة التي تكون مصمته، وتُكوّن الطبقة الخارجية الإكتودرم المغطى بالأهداب، أما الطبقة الداخلية فتُكون الإندودرم. وتطلق على هذه اليرقة بلانيولا **planula larva** (شكل ٤ ـ ٥٧)، والتىّ تسبح في الماء بمساعدة الأهداب، ثم تتكون لها فجوة داخلية مبطنة بالإندودرم، وتثبت اليرقة نفسها من أحد طرفيها على أحد المرتكزات مثل صخرة أو تحت سطح أحد الأعشاب المائية، ثم يظهر لها في النهاية الأخرى فم ولوامس وبذلك يتكون بوليب صغير ينمو ويتكاثر لاجنسيا بالتبرعم ليكون مستعمرة كاملة تتميز فيها الزهور الهدرية والأعواد الجرثومية.

وتمثل دورة الحياة ما يعرف بتبادل الأجيال **alternation of generation**، والتى تُعْنى أن الكائن الحى يكون في طورين أو جيلين يتبادلان بانتظام خلال دورة الحياة. فالجيل الأول يتكاثر لاجنسيا، أما الجيل الثاني فيتكاثر جنسيا. ومن أهداف تبادل الأجيال هو انتشار الكائن وغزوه مناطقا مناسبة، فيرقة البلانيولا تسبح في الماء إلى أن تجد المكان المناسب لنموها حيث تتكاثر لاجنسيا، وبذلك تنتشر في مناطق كثيرة.

وتتميز الأوبيليا بما يعرف تعدد التشكل **polymorphism** حيث يتشكل الحيوان في ثلاثة طرازات مختلفة: الهدر الزهرى والمتخصص في التغذية، والأعواد الجرثومية التي تقوم بالتكاثر اللاجنسي بعملية التبرعم ووظيفتها تكاثرية، وتقوم بتكوين الطرز الثالث وهي الميدوزا التي تقوم بعملية التكاثر الجنسي، وهي طور نشط سابح يعمل على انتشار النوع. كما أن اليرقات تكون سابحة أيضا.

٣ـ الأوريليا *Aurelia*

تمثل الأوريليا أحد أنواع قناديل البحر **jellyfish** (شكل ٤ ـ ٥٨) الشائعة وخاصة في المناطق الشاطئية من البحار حيث تشاهد طافية على سطح الماء تسبح ببطء بالانقباضات المنتظمة لكل جسمها، وتشكل مضايقة كبيرة للمصطافين حيث إنه إذا لامسها الجسم تؤدى إلى التهابات وحساسية وحكة وتهيج الجلد، مما يستدعى إلى

استخدام مضادات الحساسية من عقاقير ومراهم. وأحيانا يمكن مشاهدة أعداد كبيرة من الأوريليا وقد قذفتها الأمواج على الشاطئ لذلك يُنصح بعدم لمسها لما تسببه من التهابات جلدية. ومن الجدير بالذكر أن ميدوزا الأوريليا هي الطور السائد في تاريخ حياة هذا النوع. ونوع أوريليا أوراتا ***Aurelia aurita*** شائع في البحر المتوسط ومعظم البحار ومياه السواحل الشرقية والغربية للولايات المتحدة.

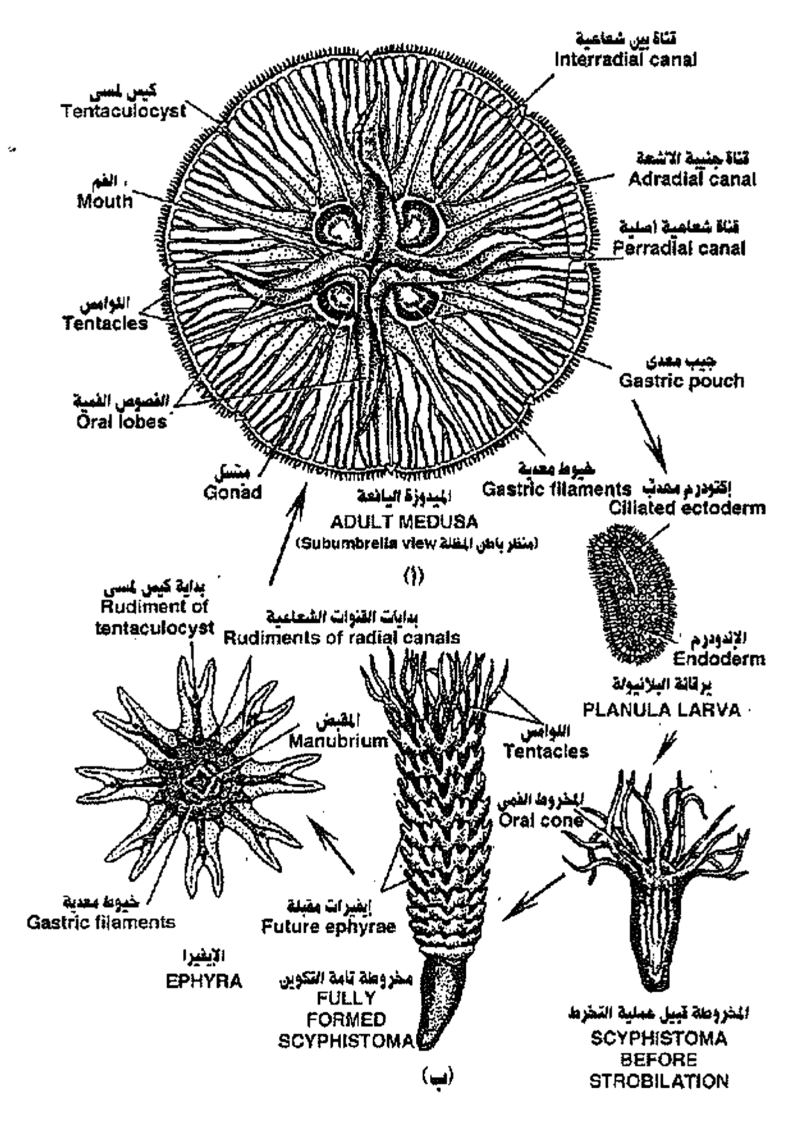
الشكل والتركيب

تبدو ميدوزا الأوريليا كقرص سميك زجاجي چيلاتيني يتميز بسطحه الخارجي المحدب الذي يُطْلق عليه ظاهر المظلة. ويتراوح قطرها من ١٠ ـ ٣٠ سنتيمترا تقريبا وأحيانا تصل إلى ٦٠ سنتيمترًا. ويحيط بحافة الميدوزا عدد كبير من اللوامس القصيرة المجوفة والتي تتبادل مع ثمانية نقر **notches** تسمى الحويصلات اللمسية **rhopalia** حيث توجد ثمانية أعضاء حسية معينة عبارة عن لوامس متحورة يُطْلق عليها حويصلات لمسية **tentaculocysts**. واللوامس غنية بالخلايا اللاسعة. ويبرز من السطح السفلي للميدوزا ـ والذي يُطْلق عليه باطن المظلة ـ مقبض قصير وسميك يفتح في نهايته الفم وهو ذو أربعة زوايا تحمل كل منها فصوصًا فمية **oral lobes** أو أذرعا طويلة تحتوي على ميازيب مهدبة عميقة على أسطحها السفلية ومزودة بغزارة بالخلايا اللاسعة. ويؤدي الفم إلى فجوة معدية أو التجويف المعدي الوعائي **gastrovascular cavity** الذي يبرز داخله أربعة حواجز شعاعية تقسم الفجوة المعدية إلى جيب وسطي وأربعة جيوب جانبية، وتحمل الحافة الطليقة لكل حاجز عديدًا من الألياف المعدية المزودة بالحويصلات الخيطية **nematocysts** وخلايا غدية.

ويتصل بالفجوة المعدية ١٦ قناة شعاعية، ثمانية منها غير متفرعة وثمانية متفرعة حيث تخرج من جانبي كل جيب معدي قناتان شعاعيتان **radial canals** غير متفرعتين تمتدان إلى أن تصل للقناة الدائرية التي تحيط بحافة المظلة. وتمتد من القناة الدائرية ٨ قنوات شعاعية متفرعة منها أربعة جار شعاعية **adradial** وأربعة بيْن شعاعية **interradial** (شكل ٤ ـ ٥٨)، وتمتد هذه القنوات حتى الجيوب المعدية، وتبطن الفجوة المعدية الوعائية وكذلك القنوات الشعاعية بطبقة إندودرمية مزودة بالأسواط، وتعمل حركة الأسواط المبطنة للجهاز القنوي على خلق تيار مستمر من الماء الذي يمد جميع أجزاء الميدوزا بالغذاء والأكسجين ويطرد النفايات.

وتحتوي الميدوزا على أربعة مناسل حمراء أو بنية اللون تشبه حدوة الحصان (قد تكون مبايض أو خصى) وهي تنشأ من الإندودرم، وتبرز على أرضية الجيوب المعدية.

ويوجد تحت كل منسل نـقرة تسمى النقـرة تحت المنسلية **subgenital pit** والتى ربما لتسهيل حصول المنسل على الأكسجـين الكافى. وتحتوى الجيوب المعدية على خيوط معدية شبيهة باللوامس لها وظيفة هضمية. وكل خيط عبارة عن أنبوبة إندودرمية قصيرة يوجد فى مـركزها الهـلام المتوسط وهى مزودة بالحـويصلات الخـيطية التى تقـوم بقتل الفريسة التى تبلع حية.



شكل (٤-٥٨) أوريليا *Aurelia*

(أ) الميدوزا اليافعة. (ب) دورة الحياة.

وتتركب طبقات الأنسجة التي في الميدوزا من نفس الطبقات التى توجد فى كل من الهدر والأوبيليا. فالجسم كله مغطى بطبقة الإكتودرم والتجويف المعدى الوعائى والجهاز القنوى مبطن بالإندودرم. وتوجد بينهما طبقة الهلام المتوسط (الميزوجليا). وهى طبقة خلوية حقيقية سميكة چيلاتينية ليفية تحتوى على خلايا أميبية متجولة؛ لذا يُطلق عليها الكلونشيمة **collenchyma** وهى إكتوميزودرمية فى الأصل.

ولما كانت الميدوزا سابحة في الماء لذلك فهى مزودة بأجسام جسية هى الحويصلات اللمسية التى تشبه الهراوة وتوجد عند نهايات القنوات غير المتفرعة، ومن أهم وظائفها حفظ التوازن خلال السباحة. ويلاحظ أن اللوامس وغالبا سطح الجسم كله يكون مزوداً بغزارة بالأكياس اللاسعة التى تسبب لدغات مؤلمة إذا لمسها الإنسان. ولكن وظيفتها الأساسية هى تخدير وشل الفرائس التى تُبلع بمساعدة الفصوص الفمية.

وتتحرك الأوريليا بواسطة الانقباضات المنتظمة الناتجة عن انقباض وانبساط العضلات بنفس الطريقة التى تُفتح وتُقفل بها المظلة، ولكن يمكن لتيارات الماء أن تجرف الميدوزا بدون انقباضات. ومما يساعد فى حركات السباحة الألياف العضلية ذات التكوين الجيد والشعاعية والدائرية التى تمتد تحت إكتودرم باطن المظلة.

التغذية

تتغذى الأوريليا على غيرها من الأحياء المائية سواء القشريات أو الحيوانات الهائمة الأخرى وحتى الأسماك. وتتعلق الهائمات البحرية فى مخاط سطح المظلة ثم تدفعها الأهداب إلى جيوب غذائية على حافة المظلة ثم تُلتقط من الجيوب بواسطة الفصوص الفمية التى تحمل الأهداب التى تدفع الطعام إلى التجويف المعدى الوعائى. وفى حالة التغذية على أحياء كبيرة كالقشريات والأسماك فهى بمجرد أن تلامس الأذرع الفمية الغنية بالخلايا اللاسعة، فسرعان ما تنطلق على الفريسة لتشل حركتها وتخدرها، ثم تنزلق الفريسة عبر ميازيب الأذرع الفمية حيث تُدفع للفم ثم إلى التجويف المعدى الوعائى. وتعمل الحويصلات الخيطية التى تغطى بطانة الجوفمعى على تخدير الفريسة إذا كانت على قيد حية ويتم الهضم جزئيا خارج الخلايا ثم داخلها، وينتشر الغذاء المهضوم لكل أجزاء الجسم خلال الجهاز القنوى.

الأجهزة الحسية

تتميز الميدوزا بوجود شبكة عصبية تمتد تحت شبكة الإكتودرم لباطن المظلة. وتعمل هذه الخلايا العصبية على تآزر الأنشطة المختلفة، كما يوجد للميدوزا

أعضاء حسية متخصصة توجد كل منها عند حافة المظلة فى شقوق غائرة ـ عند نهاية القنوات الشعاعية غير المتفرعة ـ يحمل كل شق زوجًا من الحواشى **lappets** يحصر بينها عضو حسى هو الحويصلة اللامسية **tentaculocyst** أو روبلايم **rhopalium** والتى تؤدى ثلاث وظائف. وتتكون كل حويصلة لامسية من لامسة مجوفة تحتوى على حويصلة التوازن **statocyst** والتى تحتوى على بعض الجزيئات الكلسية الصلبة وتعمل كحجر توازن **statolith**، ووظيفة حويصلة التوازن حفظ توازن الميدوزا أثناء السباحة. وتوجد بقعة عينية ملونة حساسة للضوء على السطح العلوى للحويصلة اللامسية. إضافة إلى وجود نقرتين شميتين على سطحها العلوى والسفلى، وتبطن هذه النقر بخلايا حسية تحتوى على خلايا حساسة للمؤثرات الكيميائية التى توجد فى الماء وكذلك رائحة الطعام.

التكاثر وتاريخ الحياة (شكل ٤ ـ ٥٨)

الأجناس منفصلة فقد تكون الميدوزا ذكرًا أو أنثى. وعندما تنضج الخصية أو المبيض تخرج الحيوانات المنوية والبيض إلى التجويف المعدى الوعائى ثم تمر إلى الفم. وبينما تنطلق الحيوانات المنوية فى الماء، يلتصق البيض بالميازيب التى توجد على الأذرع الفمية حيث يتم إخصابه ويبدأ تكوينها المبكر. إذ تنقسم البيضة المخصبة لتكون بلاستولة مجوفة ثم تمر بعملية تغمد وتتكون الجاسترولة التى تتميز بوجود ثقب البلاستولة الذى يبقى مفتوحًا ويكون الفم. ثم يتكون للإكتودرم أهداب وتتحول الجاسترولة إلى يرقة بلوبية يطلق عليها الفنجانة (المخروطة) أو الأنبوبة الهدرية **scyphistoma**. وتبدو الأنبوبة الهدرية مثل أى بوليب هدرانى. ولكنها تختلف فى وجود أربعة حواجز أو بروزات إندودرمية **taenioles**. ثم تتغمد الطبقة الإندودرمية مقابل الأربعة حواجز المعدية. وبذلك يتكون أربعة انخفاضات يُطلق عليها الأقماع الحاجزية **infundibula**. وخلال الصيف تتغذى الأنبوبة الهدرية (الفنجانة) وتتكاثر لاجنسيا لتكون أنابيب هدرية جديدة. وعند حلول فصلى الشتاء والربيع يحدث للأنبوبة الهدرية انشطار عرضى أو تخرط **strobilation** يبدأ عند النهاية الفمية ويتكون بواسطتها ميدوزات غير ناضجة واحدة فوق الأخرى متصلة فيما بينها بواسطة شرائط عضلية والتى عند انقباضها تنطلق يرقات الإيفيرا **ephyra larvae**. وبعد عملية التخرط تعاود الأنبوبة الهدرية كيانها البوليبى حتى الشتاء التالى حيث تكون يرقات الإيفيرا مرة ثانية ولمدة سنوات. ويرقة الإيفيرا مفلطحة ذات ثمانية أذرع ثنائية التفرع تتكون من أربعة أفرع جار شعاعية وأربعة أخرى بين شعاعية. ولها فم عند نهاية المقبض، وتجويف معدى له أربعة جيوب معدية

مزودة بالخيوط المعدية وتفتح مباشرة في أربعة قنوات شعاعية (شكل ٤ ـ ٥٨). وتخلو الإيفيرا من القناة الدائرية. وتمر يرقة الإيفيرا بتغيرات عديدة لتتحول إلى ميدوزا ناضجة جنسيا.

ومن الملاحظ أن دورة حياة الأوريليا تتميز بتبادل الأجيال، حيث يتم التكاثر اللاجنسي في طور البوليبيد والذي يتكاثر إلى بوليبيدات أخرى وهذه بدورها تمر بمرحلة التخرط حيث يتكون عدد كبير من يرقات الإيفيرا، وهذه بدورها تمر بعدة مراحل التي تتحول إلى طور الميدوزا الذي يتكاثر جنسيا.

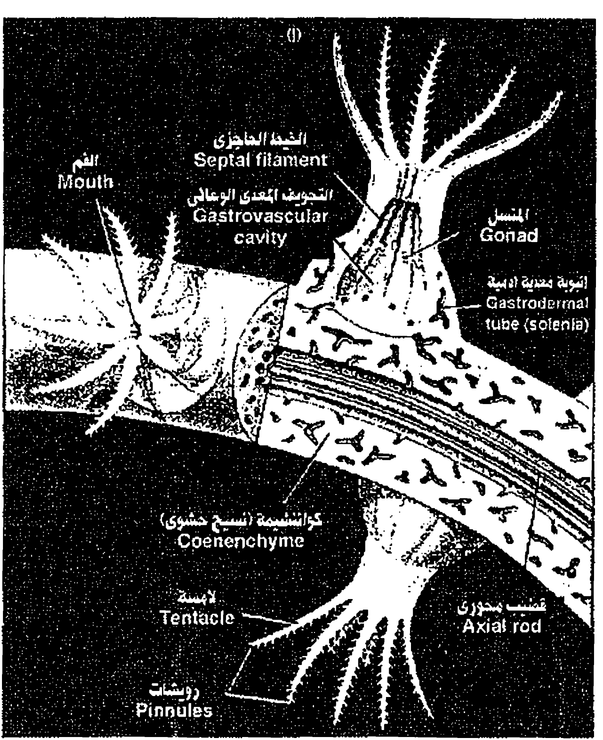
الألسيون *Alcyonium*

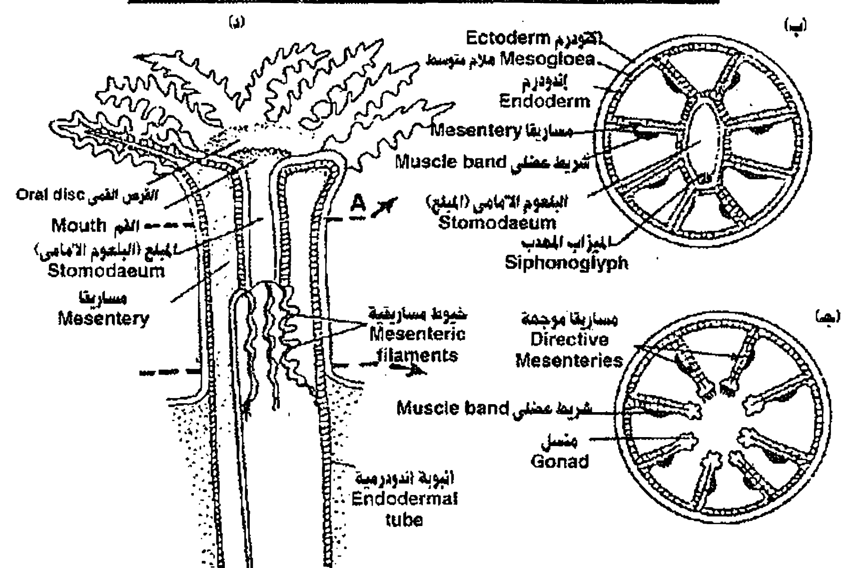
الألسيون حيوان بحري يعيش في مستعمرات ويكون عادة مثبتًا على الصخور أو الأصداف وغيرها، والاسم الدارج لأحد أنواعه ***Alyconium digitatum*** هو أصابع الرجل الميت **Dead men's fingers** (شكل ٤ ـ ٦٢ب) نظرًا للمشابهة بينهما. ويشار للألسيون أنه من المراجين الثُمانية نظرًا لتماثلها الثماني، حيث يوجد لها ثماني لوامس ريشية الشكل. وثماني مساريقا كاملة غير مزدوجة.

الشكل والتركيب

تتركب مستعمرة الألسيون من كتلة لحمية مفصصة يطلق عليها الكوانشيمه **coenenchyme** أو النسيج الحشوي تبرز منها البوليبات التي يمكنها أن تنقبض داخل المستعمرة كنوع من الحماية؛ لذلك فالجزء البارز من البوليب على سطح المستعمرة لا يمثل البوليبات، إذ إن كل بوليب يمتد عميقا في الكوانشيمة.

ويتميز البوليب بوجود قرص مفلطح هو القرص الفمي بدلاً من القمع الفمي في الأوبيليا. ويحيط بالفم ثمانية لوامس ريشية الشكل ومجوفة، وكل منها مزود بصفين من الرويشات الصغيرة (شكل ٤ ـ ٥٩) المجوفة والمزودة ببطاريات من الخلايا اللاسعة. ويوجد شق في منتصف القرص الفمي هو الفم الذي يؤدي إلى أنبوبة قصيرة هي المبلع أو البلعوم الأمامي **stomodaeum** الذي يتغمد إلى داخل التجويف المعدي الوعائي ويكون مبطنا بالإكتودرم ومزودا بميزاب مهدب يُطلق عليه الميزاب الهدبي **siphonoglyph** يوجد على أحد جوانب المبلع ويُطلق على هذا السطح بالسطح البطني. وتعمل حركة الأهداب على خلق تيار من الماء من الفم إلى الفجوة المعدية الوعائية حاملا معه الأكسجين اللازم للتنفس.





شكل (٤-٥٩) الألسيون *Alcyonium*

(أ) بوليبات مرجان الألسيون، والتى تتميز بوجود هيكل داخلى من شويكات جيرية وبروتين قرنى.

(ب) قطاع عرضى فى الألسيون فى منطقة المبلع. (جـ) قطاع عرضى فى المنطقة أسفل المبلع.

(د) قطاع طولى للألسيون (جزء من المستعمرة) يوضح التراكيب الداخلية.

ولا يتدلى المبلع بحرية فى التجويف المعدى الوعائى ولكنه يتصل بجدار الجسم بواسطة ثمانية مساريقا **mesenteries** مرتبة ترتيبًا شعاعيًا وتتبادل مع قواعد الثمانية اللوامس (شكل ٤ ـ ٥٩ ب، د). وتقسم هذه المساريقا الفجوة المعدية الوعائية حول البلعوم إلى ثمانى غرف بين مساريقية. وتتركب كل من هذه المساريقا من طبقتين من الإندودرم التى يفصلها طبقة دعامية من الهلام المتوسط. وإضافة إلى النتوءات العضلية، يوجد بالمساريقا على أحد جانبيها ـ وهو السطح البطنى المقابل للميزاب المهدب ـ ألياف عضلية طولية مغزلية الشكل مزودة بأنوية والتى تكون العضلة الطولية المرجعة **longitudinal retractor muscle** وتكون حافات المساريقا الداخلية تحت المبلغ طليقة وتتكون من خيوط سميكة يُطلق عليها الخيوط المساريقية **mesentric filaments**. وتمتد كل المساريقا والخيوط المساريقية حتى قرب الجزء الظاهر من البوليب ما عدا مسراقين بطنيين (اللذان يقعان مقابل الميزاب الهدبى) فهما أطول كثيرًا ويمتدان بطول البوليب كله (شكل ٤ ـ ٥٩د). وتُغطى الخيوط المساريقية بخلايا سوطية كثيفة والتى بحركتها تُوجْه تيار الماء إلى أعلى نحو الفم ويُطلق عليها المساريقا الموجهة **directive mesenteries**. وبذلك يكون هناك تيار مستمر من الماء عبر المبلع بواسطة الأهداب المبطنة للميزاب البطنى المهدب، ثم يعود الماء مرة أخرى من داخل الجوفمعى إلى أعلى موجها بالمساريقا الموجهة. وذلك يوفر إمدادًا مستمراً للأكسجين وطردًا لثاني أكسيد الكربون والنفايات النتروچينية وفضلات الغذاء غير المهضوم. أما الستة مساريقا الأخرى فهى غنية بالخلايا الغدية والحويصلات الخيطية التى تعمل على قتل الفريسة ثم الهضم خارج الخلايا. وخلال موسم التكاثر تتكون المناسل على هذه المساريقا الستة (شكل ٤ ـ ٥٩أ، جـ).

التركيب الخلوى

إن تركيب الطبقات الخلوية ونوع الخلايا يماثل تلك التى فى الهدر والأوبيليا. فجسم المستعمرة كله وكذلك الجزء الظاهر من البوليبات مغطى بالإكتودرم أما الإندودرم فيبطن التجويف المعوى لكل بوليب، وفى الواقع يكون أنبوبة طويلة تخترق الكوانشيمة **coenenchyme** أسفل الجزء الظاهر من البوليب. وتتصل الأنابيب الإندودرمية للبوليبات المتجاورة بواسطة وصلات إندودرمية ضيقة والتى ينمو منها بوليبات جديدة بالتكاثر اللاجنسى بالتبرعم وذلك يعمل على نمو المستعمرة.

وتشغل الفجوات بين الإكتودرم والإندودرم طبقة چيلاتينية سميكة من الهلام المتوسط (الميزوجليا) التى تتميز بوجود هيكل من شويكات كلسية غير منتظمة. وبرغم

أن هذه الشويكات تكون مطمورة فى الميزوجليا ولكنهـا فى الواقع تفرزها خلايا متجولة من طبقة الإكتودرم.

التغذية

يتغذى الألـسيون على الكائنات الصغـيرة والتى عادة تُخدّر بواسطة الحـويصلات الخيطيـة، ثم تدفعهـا اللوامس ناحيـة الفم ومنه تمر إلى المبلع (البلعوم) ثم إلى الفـجوة المعدية الوعائية حـيث يبدأ الهضم بفعل الأنزيمات الهاضمـة التى تفرزها الخلايا الغدية، ثم يتم الهضم داخل الخلايا بتكوين الفجوات الغذائية التى توجد فى الخلايا الأندودرمية المبطنة للتجويف المعـدى الوعائى. ثم يُوزّع الغذاء المهضوم إلى كل المستعـمرة بالانتشار البسيط وتطرد البقايا غير المهضومة من الفم بفعل التيار الخارج منه.

التنفس والإخراج

يدخل تيار الماء من الفم إلى التجويف المعدى الوعائى بفعل الأهداب الكثيفة التى تبطن الميزاب الهـدبى البطنى، كما تعمل حـركة الأهداب التى تغطى المساريقـا الموجهة على دفع تيار الماء إلى أعلى ومنها للـخارج عن طريق الفم. ويؤدى ذلك إلى خلق تيار مستـمر من الماء حيث يتم تبادل الغازات التنفـسية وطرد النفايات النتروچينيـة وفضلات الطعام.

التكاثر ودورة الحياة

يتم التكاثر اللاجنسى بـالتبـرعم. أما التكاثر الجنسى فـيتم بين أجناس مـختلـفة (ذكور وإناث). وفى الألسيون تكون الأجناس منفصلة فكل مستعمرة تكون جنسًا واحدًا (ذكرًا أو أنثى). وتنمو المناسل على الخيوط المساريقية من الطبقة الإندودرمية (شكل ٤ ـ ٥٩ أ، جـ)، إذ تنمو البـويضات والحيـوانات المنوية بين العضلات المرجـعة **retractor muscles** والخـيط الحـاجـزى. وتُطلَق الحـيوانـات المنوية والبـيض فى الماء حـيث يتم الإخـصاب فى الماء ويتكون الـزيجوت الذى ينمـو ليكون يرقـة البلانـيولا التى تسـبح بمساعـدة أهدابها فى الماء بعض الوقت، ثم تثبـت نفسهـا على أحد المرتكزات المناسـبة حيث تنمو إلى بوليب صغير يتكاثر لاجنسيا ليكون مستعمرة جديدة. وبذلك تخلو دورة حياة الألسيون من طور ميدوزى وبذلك لا يكون هناك تبادل للأجيال.

أنيمون البحر SEA ANEMONE

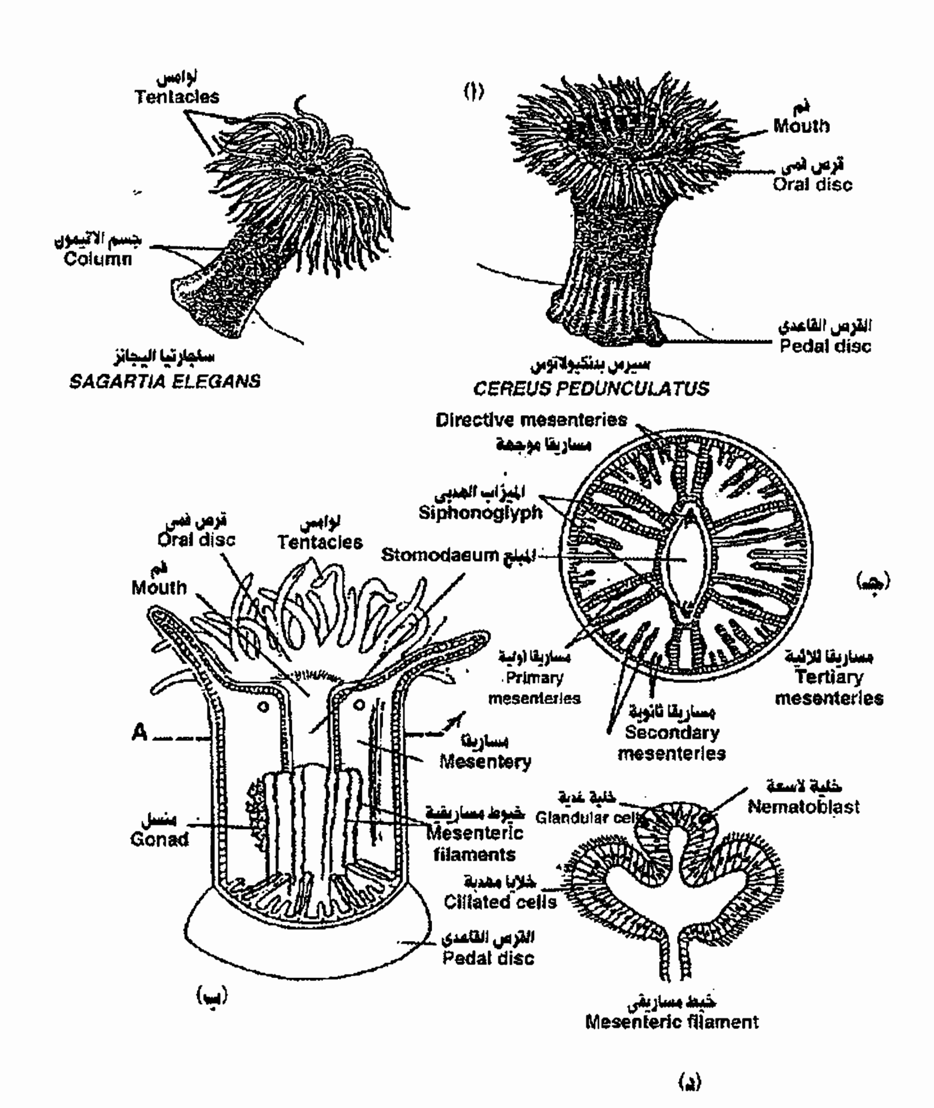
هو مثال من طويئفة الزهريات **Zoantharia**. وتنتشر أنيمونات البحر فى البحار الدافئة والمعتدلة فى المنطقة الشاطئية حيث تعيش فرادى مثبتة على الصخور أو الأصداف أو الأعشاب البحرية وغيرها بواسطة أقراصها القاعدية (لوحة رقم ٤ ـ ٥). وقد تسكن أنيمونات البحر الشعاب المرجانية، ولكن بعض أنواعها يعيش فى أعماق البحر أو يحفر فى الرمل أو حتى يكون سابحًا **pelagic**. ويتراوح قطرها من ٥ مم إلى ٦٠٠ مم، ولكن قد يصل قطر بعضها إلى حوالى المتر مثل أنيمون شعاب المحيط الهندى والهادى. وتشبه أنيمونات البحر الزهور؛ لذلك أطلق عليها العلماء العرب اسم أقحوان البحر أو شقائق النعمان. وتتميز أنيمونات البحر بألوانها الزاهية المتعددة وقد يرجع ذلك إلى أن كثيرا من أنيمونات البحر تحتوى داخل أنسجتها على طحالب متعايشة زواكزنيثللا **zoaxanthellae** كما فى المراجين الحجرية. وتُستخدم أنواعا كثيرة من الأنيمونات للزينة فى الماهات **aquaria**.

التركيب

الجسم أسطوانى قصير نسبيا يلتصق بالمرتكزات بواسطة قرص قاعدى لاصق، (شكل ٤ ـ ٦٠ أ، ب). ويفتح الفم فى منتصف القرص الفمى المفلطح وهو عبارة عن فتحة مستطيلة محاطة بعدد كبير من اللوامس القصيرة والمرتبة فى حلقات دائرية تحتوى كل حلقة على ٦ لوامس ومضاعفاتها. ويؤدى الفم إلى بلعوم (مبلع) طويل مبطط ثم إلى داخل الفجوة المعدية الوعائية. ويبطن المبلع خلايا إكتودرمية. وعند أحد طرفى الفم أو كليهما يوجد ميزاب مهدب يطلق عليه الأخدود أو الميزاب الهدبى **siphonoglyph** الذى يمتد على طول المبلع، وتؤدى حركة الأهداب على الأخدود إلى دفع تيار الماء داخل المبلع ومنه إلى الجوفمعى. أما الأهداب التى تبطن باقى البلعوم فهى توجه تيار الماء إلى الخارج. وبذلك يكون هناك تيار مستمر لحمل الماء المحمل بالأكسجين إلى الداخل ثم تيار للخارج لطرد ثانى أكسيد الكربون والفضلات النتروجينية. كما يساعد تيار الماء على الإبقاء على حفظ السائل الداخلى أو الهيكل الهيدروستاتيكى الذى يعمل بدلاً عن هيكل حقيقى كدعامة تضاد فعل العضلات.

ويمتد من جدار الجسم إلى المبلع ٦ أزواج من المساريقا الابتدائية الرأسية الكاملة، ويوجد بين هذه المساريقا ستة أزواج من مساريقا غير كاملة هى المساريقا الثانوية (شكل ٤ ـ ٦٠ جـ) التى تمتد من جدار الجسم حتى جزء من المسافة من جدار الجسم والمبلع. ويوجد بين المساريقا الابتدائية والثانوية ١٢ زوجا من المساريقا الثلاثية **tertiary**

mesenteries . وتتكون كل المساريقا من طبقتين من الإندودرم بينهما طبقة رقيقة من الميزوجلينا . وتقسم المساريقا الابتدائية التجويف المعدى الوعائى إلى ست غرف بين مساريقية تتصل بعضها ببعض أسفل المبلع . ولكن فى منطقة المبلع تتصل بعضها ببعض بثقبين حاجزيين فى كل مساريقا . وتعمل المساريقا على زيادة السطح المعدى الوعائى .



شكل (٤-٦٠) *أنيمون البحر* **Sea anemone**

(أ) أمثلة من الأنيمونات. (ب) قطاع طولى فى الأنيمون.

(جـ) قطاع عرضى فى المنطقة A. (د) قطاع عرضى فى خيط مساريقى.

وتتغلظ الحواف الطليقة لكل المساريقا تحت المبلع لتكون حبالاً ملتفة يطلق عليها الخيوط المساريقية والتى تظهر ثلاثية الفصوص (شكل ٤ - ٦٠د) فى المقطع العرضى، حيث يكون الفص الأوسط غنيا بالخلايا الغدية والحويصلات الخيطية، بينما الفصان الجانبيان تغطيهما طبقة مهدبة كثيفة تعمل على خلق تيار الماء الخارج. ويمتد بطول أحد جوانب كل المساريقا شريطًا من الألياف العضلية أو العضلات المرجعة **retractor muscles** كما فى الألسيون، ولكن ترتيب هذه العضلات المرجعة مختلف فى الأنيمون، ففى زوجى المساريقا المتصلان بالمبلع مقابل الميزابين المهدبيين تكون العضلات على كل زوج معاكسة بعضها البعض، ويطلق على هذه المساريقا، بالمساريقا الموجهة **directive mesenteries**. ولكن على جميع المساريقا الأخرى وهى الابتدائية والثانوية والثلاثية فتواجه العضلات الواحدة منها الأخرى (شكل ٤ - ٦٠جـ). وتنشأ المناسل من الإندودرم على كل المساريقا ما عدا المساريقا الموجهة. ويظهر كل منسل على هيئة شريط ملتف يوجد بين الخيوط المساريقية والعضلة المرجعة.

التركيب الخلوى

يغطى جسم الأنيمون طبقة الإكتودرم بما فيها اللوامس حيث تكون مهدبة، وكذلك القرص الفمى وبطانة المبلع. أما الإندودرم فيبطن كل الفجوة المعدية الوعائية. ويوجد بين الطبقتين الهلام المتوسط الذى يحتوى على خلايا متجولة وألياف عضلية نشأت من كل من الإكتودرم والإندودرم. وتوجد ألياف عضلية دائرية تمتد تحت طبقة الإكتودرم وتعمل على استطالة جسم الأنيمون، تقابلها الألياف العضلية الطولية تحت الإندودرم. وتعمل العضلات المساريقية كعضلات مرجعة **retractor muscles** تعمل على سحب القرص الفمى واللوامس للداخل عند إثارة الحيوان. كما توجد تحت الإكتودرم طبقة من شبكة عصبية جيدة التكوين.

الحركة

رغم أن الأنيمون حيوان مثبت (جالس) على المرتكز ولكن يمكنه أن يزحف من مكانه بالانزلاق البطىء فوق المرتكز. ويساعده فى ذلك إفراز مخاطى لزج يصاحب الحركات الزاحفة للقرص القاعدى، وبواسطة الحركة الانثنائية المنتظمة يمكن للأنيمون أن يهرب من الأعداء مثل نجوم البحر وعاريات الخياشيم، ووجد أن المؤثر الغالب هو الإفرازات التى تفرزها هذه الحيوانات وهى مادة سابونية ستيرودية فى حالة نجم البحر. حتى إنه وُجد أن مجرد تعريض أنيمون البحر لهذه المادة - دون وجود نجم البحر - يكون كافيا بمسارعتها للهروب.

التغذية:

يتغذى أنيمون البحر بالحيوانات الأخرى من قشريات ورخويات وغيرها من الحيوانات حتى الأسماك. وبمجرد أن تلامس الفريسة اللوامس تنطلق فى أجسامها الخيوط اللاسعة التى تعمل على تخدير الفريسة وشل حركتها قبل بلعها كاملة، ثم تُدْفع نحو الفم باللوامس حيث تنزلق فى المبلع، ويتم شل الفريسة - إذا كانت على قيد الحياة بعد ذلك - بواسطة الحويصلات الخيطية الموجودة على المساريقا. كما يمكن أن يمد أنيمون البحر لوامسه للبحث عن اللافقاريات والفقاريات الصغيرة التى تتغلب عليها بلوامسها وخلاياها اللاسعة، ثم تُحْمل إلى الفم فالمبلع. وبعض أنواع الأنيمونات تلتصق على أصداف الرخويات التى تشغلها بعض الحيوانات مثل السرطان الناسك وذلك للحماية والتنقل من مكان لآخر والحصول على جزيئات الغذاء المتساقطة من السرطان.

والجدير بالذكر أن السلوك الغذائى فى الكثير من الحيوانات الزهرية يكون تحت التحكم الكيميائى، والبعض يستجيب لمادة الجلوتاثيون **glutathione** المختزل الذى يخرج من جروح الفريسة. وفى البعض يشترك مركبان هما الأسبارجين **asparagine** وهو منشط كيميائى يؤدى إلى انثناء اللوامس نحو الفم ثم يُحْفز الجلوتاثيون المختزل ابتلاع الفريسة. وفى كل الحالات تتم عمليات الهضم كما فى باقى اللاسعات خارج الخلايا ثم داخلها، ثم تُطْرد والفضلات من فتحة الفم بانقباض جسم الأنيمون.

وتحتوى الكثير من الأنيمونات على طحالب زوكزانثيللا **zooxanthellae** داخل أنسجتها، كما هو الحال فى المراجين الصلبة. فيستفيد الأنيمون من نواتج البناء الضوئى للطحالب مثل الأكسچين والتى بدورها تستفيد من ثانى أكسيد الكربون والمواد النتروچينية التى ينتجها الأنيمون.

التكاثر ودورة الحياة

الأجناس منفصلة وقد تكون بعض الأنواع مبكرة الذكورة **protandrous** حيث يتم تكوين الحيوانات المنوية قبل البيض، ولكن أغلب الأنيمونات وحيدة المسكن (منها الذكور ومنها الإناث). وتتكون المناسل على المساريقا. وبعد نضج المناسل تَنْطلق الحيوانات المنوية والبيض عن طريق الميزاب المهدب بالفم. ويحدث الإخصاب فى الماء ويتكون الزيجوت الذى ينمو ليكون يرقة البلانيولا والتى تسبح بعض الوقت ثم تثبت نفسها على مرتكز مناسب لتكون الأنيمون الكامل.

كما تتكاثر الأنيمونات لاجنسيا بانتظام بواسطة التبرعم. والبعض منها له القدرة لتعويض الأجزاء المفقودة. وثمة أنواع منها تتكاثر بالتمزق القدمى **pedal laceration** حيث يتجدد كل جزء من القدم ليكون أنيمونًا جديدًا.

المراجين الحجرية STONY CORALS

تشمل الشعب الحقيقية الحجرية وهى البناة الأساسية للشعاب المرجانية، وهى غالبا حيوانات تعيش فى مستعمرات ضخمة فى البحار وتزدهر فى المناطق الاستوائية بين خطى عرض ٣٠ْ شمالا، ٣٠ْ جنوبًا مثل البحر الأحمر والمحيط الهندى وغيرها، وهى تعمل على تكوين الشعاب المرجانية الهائلة ومن أمثلتها الحاجز المرجانى العظيم المتأخم لشواطئ أستراليا الذى يمتد بطول حوالى ٢٠٠٠ كيلو متر. وتتميز الشعاب الحجرية بهياكلها الكلسية الهائلة والتى تكون الشعاب والجزر المرجانية. وتتكون مستعمرات المرجان من أعداد هائلة من الأفراد الصغيرة التى تشبه بوليبات الأنيمون ولكنها تخلو من الميزاب المهدب. وتنمو المراجين الحجرية فوق كئوس كلسية (شكل ٤ ـ ٦١أ) تقوم بإفرازها طبقة البشرة، ويطلق على هيكل المستعمرة كولاريم **corallum** وهيكل كل بوليب كولاريت **corallite**. وكل فرد يتركب أساسًا فى شكله وتركيبه مثل بوليب أنيمون البحر، ولكن الجزء العضلى ضعيف والهلام المتوسط أكثر رقة. وينقسم التجويف المعدى الوعائى لبوليب المرجان بمساريق تترتب فى مضاعفات العدد ٦، وتحيط اللوامس المجوفه بالفم.

ويفرز إكتودرم القرص القاعدى لكل بوليب تحته فنجانا كلسيا (شكل ٤ ـ ٦١ أ، جـ) من مادة كربونات الكالسيوم أى بين البوليب والمرتكز، ويتركب هذا الفنجان من صفيحة دائرية قاعدية لها جدار مرتفع حول الحافة يطلق عليه الغلاف ـ الغمد **theca**. وتُفرز داخل هذا الجدار مجموعة من الصفائح الرأسية يطلق عليها الحواجز الصلبة **sclerosepta** والتى تُفرز تحت فراغ البوليب بين الحواجز المساريقية الحقيقية (شكل ٤ ـ ٦١ أ). ويلتحم بعض هذه الحواجز فى المنتصف ليكون قضيبًا رأسيًا هو العُمِيد **columella**. وتستمر تلك الإفرازات الكلسية مادام البوليب حيًا، وبذلك ينمو الغمد والحواجز حاملة البوليب لأعلى، مع إضافة إلى الكتلة أو الثخانة للهيكل الخارجى. ومن الملاحظ أن معدل ترسيب الكالسيوم ليس واحدًا طول العام، ولكنه يتأثر بالظروف البيئية ومنها الحرارة التى تلعب دورًا هامًا. وبذلك يتكون على هيكل الشعب شرائط فصلية تشبه تلك التى فى الأشجار، والتى بواسطتها يمكن تحديد معدل النمو للشعاب. وقد سجل متوسط نمو ٠,٥ ـ ١٠ سم / العام. ومع استمرار النمو والتكاثر اللاجنسى بالتبرعم تتكون كتلا هائلة من الهياكل كل منها به بوليب. وتمتد صفيحة من نسيج حى بين البوليبات وقد تتصل البوليبات بعضها ببعض بقنوات تنبع من قاعدة

البوليب وتمر خلال فتحات في الغمد. وأيضا يضيف هذا النسيج إلى الهيكل بملء الفراغات بين الفناجين المتجاورة بإفرازات كلسية.

ويلاحظ أن البوليبات التي تُكوّن العديد من الشعاب تكون ذات ألوان خلابة وزاهية منها اللون الوردي، والأصفر، والبني، والأخضر، والأرجواني، ويُعزى ذلك إلى أنواع الطحالب التي تعيش معيشة تكافلية داخل خلايا الإندودرم وأشهر هذه الطحالب هي زوكلوريللا ***Zoochlorella*** والزواكزانثيللا **zooxanthellae** وهي من ثنائيات الأسواط ويطلق على مثل هذه الشعب المراجين الصلبة البانية للشعاب **hermatypic corals**، والتي بدونها لا يستمر الحيوان في المعيشة. فيعتمد البوليب على الأكسجين والمواد الكربوهيدراتية التي تكونها الطحالب نتيجة للبناء الضوئي، أما الزواكزانثيللا فتمتص ثاني أكسيد الكربون والنفايات النتروجينية لحيوانات الشعب. وإذ أثر عامل ما في هذه الطحالب مثل ارتفاع درجة حرارة البحر أو التعرض للملوثات أو غيرها فسريعا ما يفقد الحيوان الطحالب ويحدث أبيضاضًا **bleaching** للشعب وسريعًا ما تموت. وقد رُصدت هذه الظاهرة في كثير من بحار العالم في السنوات الأخيرة والتي ربما تُعْزى للتغيرات المناخية.

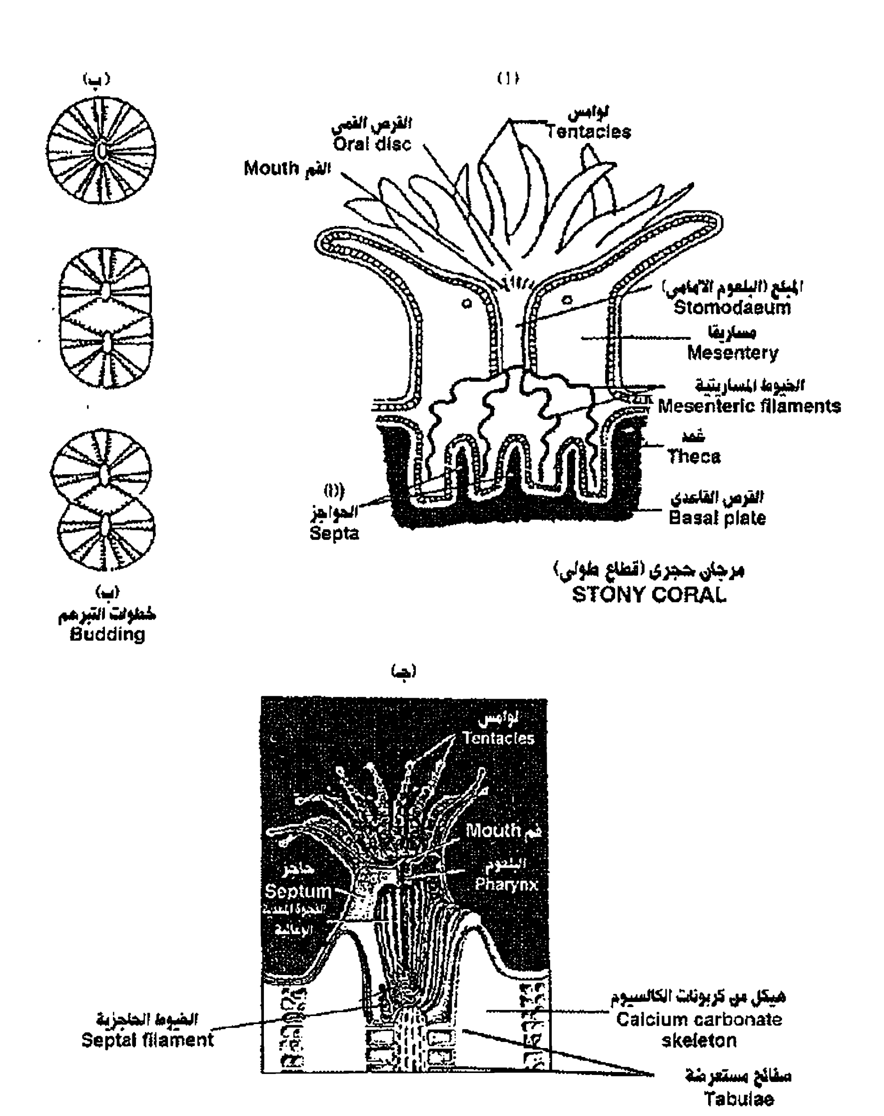
الغذاء

تتغذى الشعاب خلال الليل بصيد الفرائس التي تشمل الهائمات واللافقاريات الصغيرة وحتى صغار الأسماك. وتقتنص الغذاء في الشرائط المخاطية التي تتحرك نحو الفم بفعل الأهداب. وقد تبرز الخيوط الحاجزية خارج الفم، وبذلك يمكن هضم الفريسة خارج للجسم.

التكاثر

المراجين الحجرية إما أحادية أو ثنائية الجنس والبعض خناث. وبعد نضج الخصى تنطلق الحيوانات المنوية في الماء حيث تدخل مع التيار من خلال الفم إلى الفجوة المعدية الوعائية، حيث يتم إخصاب البيض الذي ينمو حتى يكون يرقة البلانيولا والتي تُطْرد من خلال الفم مع تيار الماء الخارج لتسبح بعض الوقت، ثم تلتصق بأحد المرتكزات وتكون البوليب وهو الذي يُكوّن نواة لتكوين المستعمرة وذلك عن طريق التكاثر اللاجنسي.

ولكن الطريقة السائدة في التكاثر هي التكاثر اللاجنسي حيث يتم تكوين البراعم. وتنشأ البرعم كانتفاخ عند قاعدة البوليب (شكل ٤ - ٦١ب)، وينمو كل بوليب ليكون فردًا جديدًا ولكنه يظل ملتصقا بالمستعمرة التي تنمو باستمرار ولكن ببطء، وقد يصل أعداد أفراد المستعمرة الواحدة بالملايين.



شكل (٤-٦١) المراجين الحجرية Stony corals

أ) قطاع طولى فى بوليب مرجان حجرى. (ب) خطوات تكوين البراعم.

(جـ) أحد بوليبات المرجان توضح الفنجان الكأسى (الهيكل الخارجى) والتجويف المعدى الوعائي،

وثمة طريقة أخرى تتبعها بعض المستعمرات حيث تتكاثر لاجنسيا بالانشطار الثنائى الطولى للبوليب ثم يتكون البوليب الجديد الذى يُحاط بحلقة من اللوامس عند القرص الفمى، والذى يستطيل ويظهر جزء من الغمد يستمر لأسفل وبذلك ينقسم البوليب إلى فردين مما يؤدى إلى زيادة حجم المستعمرة.

التصنيف

تنقسم شعبة اللاسعات إلى ثلاث طوائف رئيسية وعدد من الطويئفات وهى:

١- طائفة الحيوانات الهدرية (هيدروزوا) HYDROZOA

حيوانات بحرية غالبا وإن كان بعض أنواعها يعيش فى المياه العذبة. وتتميز بعدم وجود مبلع (بلعوم أمامى) أو تقاسيم رأسية فى الجوفمعى، الميزوجليا لاخلوية، تخلو الأدمة المعدية **gastrodermis** من الحويصلات الخيطية. تنشأ المناسل من طبقة الأكتودرم، ولكن إذا نشأت من الأدمة المعدية فينطلق البيض والحيوانات المنوية للخارج مباشرة وليس عن طريق الجوفمعى. مثاليا لها ميدوزوا تتميز بوجود برقع **velum**. كما يوجد تبادل للأجيال، ولكن قد يكون هناك اختزال لأحد الأطوار، مثلا قد يوجد طور البوليب فقط كما فى الهدر ***Hydra*** أو الميدوزا كما فى فيساليا ***Physalia*** (البارجة البرتغالية) (شكل ٤ ـ ٦٢)، وتمر بعض الأنواع بكلا الشكلين البوليب والميدوزا مثل الأوبيليا ***Obelia***.

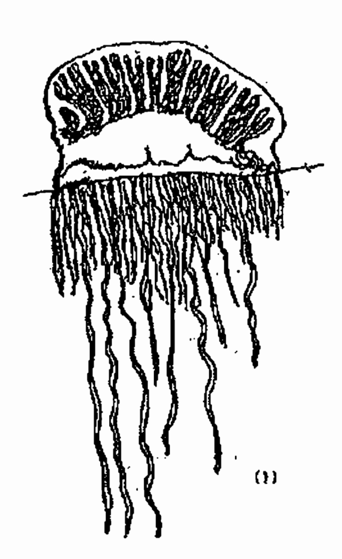
ومن أمثلتها: الهدر ***Hydra***، كلوروهدرا ***Chlorohydra***، فيساليا ***Physalia*** (لوحة رقم ٤ ـ ٧)، تيوبيولاريا ***Tubularia***، أوبيليا ***Obelia*** (شكل ٤ ـ ٥٧).

٢- طائفة الحيوانات الفنجانية (الكأسية) سكيفوزوا SCYPPHOZOA

حيوانات بحرية منفردة وتشمل قناديل البحر حيث يسود الطور الميدوزى فى عرض البحر ولكن يوجد بعض أنواعها على عمق ٣٠٠٠ متر. ونادرًا ما تكون جالسة، وهى عادة حرة السباحة وتخلو من البرقع. أما البوليب فمختزل، وتتميز أن الميزوجليا (الهلام المتوسط) عبارة عن طبقة چيلاتينية سميكة تحتوى على خلايا أميبية وألياف تسمى كوانشيمة، وهى طبقة خلوية حقيقية. وتنقسم الفجوة المعدية الوعائية للحيوان البالغ أو اليرقة بواسطة أربعة حواجز إلى معدة مركزية وأربعة جيوب معدية مزودة بخيوط إندودرمية محمولة على حواجز أو على أرضية الجيوب المعدية. وتوجد المناسل فى الطبقة المعدية الوعائية.

ويتضمن تاريخ الحياة تبادل الأجيال ويكون طور البوليب مختزلا ممثلا بيرقة بوليبية (المخروطة) **scyphostoma**، وقد تتحور مباشرة إلى الحيوان اليافع أو أنها تُكون يرقات ميدوزية بالانشطار المستعرض.

ومن أمثلتها: الأوريليا ***Aurelia*** (شكل ٤ ـ ٥٨)، وكاسيوبيا ***Cassiopeia*** (لوحة رقم ٤ ـ ٧)، وريزوستوما ***Rhizostoma***، وسيانا ***Cyanea*** وهو أكبر قناديل البحر على الإطلاق حيث يتجاوز فيه قطر الجرس مترين ويوجد في شمال الأطلنطي.



فيساليا فيساليا
PHYSALIA PHYSALIA
(Protuguese man - of - war)



السيونيم ديجيتاتم
ALCYONLUM DIGITATUM
(Dead men's fingers)

شكل (٤-٦٢) *أمثلة من طائفة الحيوانات الزهرية* **Anthozoa:**
(أ) البارجة البرتغالية وتتميز بوجود عُضَيات لاسعة تحتوى على توكسين يؤثر على الأعصاب.
(ب) الألسيون - إحدى المرجانيات اللينة.

٣- طائفة الحيوانات الزهرية - اكتينوزوا (انثوزوا) ACTINOZOA (ANTHOZOA)

تشمل هذه الطائفة حوالى ثلثى أنواع اللاسعات المعروفة، وكلها حيوانات بحرية، وهى تعيش إما فى مستعمرات ثنائية شعاعية (أو قد تكون سطحية ذات تماثل ثنائى جانبى). وتوجد فقط على هيئة البوليب، ولا توجد لها ميدوزا. الميزوجليا خلوية. والبوليبات تخلو من المخروط الفمى، وتتميز بوجود المبلع ـ البلعوم الأولى **stomodae-um** الذى يتصل بجدار الجسم بواسطة حواجز أدمية معدية التى تقسم الجوفمعى إلى غرف. والمناسل إندودرمية. يوجد لها عادة تراكيب هيكلية إما داخلية أو خارجية.

وتشمل طائفة الإكتينوزوا (الانثوزوا) طويئفتين:

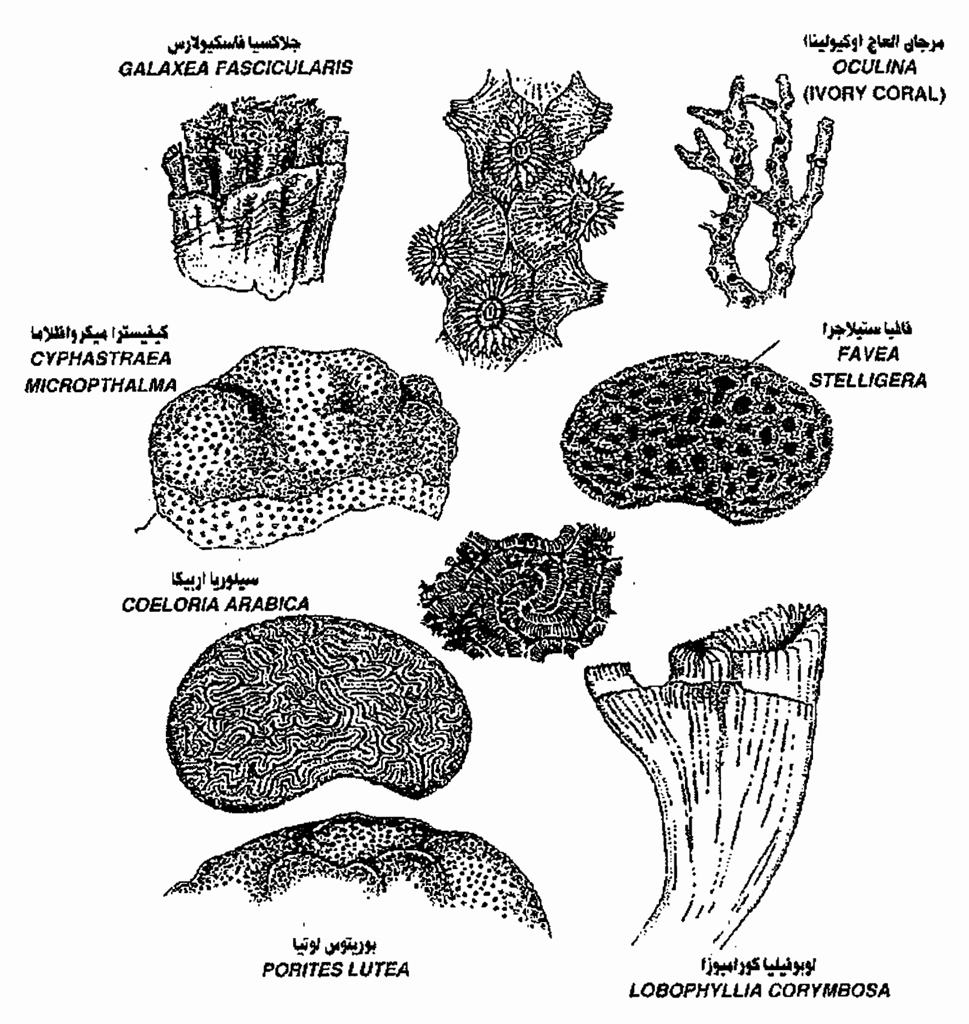
١- طويئفة الألسيونات ALCYONARIA (OCTACORALLIA)

وتشمل المراجين اللينة والقرنية ومن أمثلتها: زينيا ***Xenia***، وكوريلام ***Corallium*** (لوحة رقم ٤ ـ ٩) ومنه نوع ***C. rubrum*** وهو مرجان أحمر اللون ذات قيمة اقتصادية وينتشر في البحر المتوسط؛ والألسيون ***Alyconium***، وجورجونيا ***Gorgonia***، ولوفوجورجيا ***Lophogorgia*** (لوحة رقم ٤ ـ ٨)، وتيبيبورا ***Tubipora***؛ وساركوفيتون ***Sarcophyton***؛ وددندرونفثيا ***Dendronephthya*** وبناتيولا فسفوريا ***Pennatula phosphorea*** (لوحة رقم ٤ ـ ٩).

٢- طويئفة الزهريات (المرجانيات السداسية)

ZOOANTHARIA (HEXACORALLIA)

ومن أمثلتها: شقائق النعمان (الأنيمون) تيليا بسكيفورا ***Tealia piscivora*** استيفانوج ***Stephanauge*** (لوحة رقم ٤ ـ ٥)، بوريتوس ***Porites*** (لوحة رقم ٤ ـ ٦)، زوانثوس ***Zoanthus***؛ انتيباثس ***Antipathes*** ؛ والمراجين السوداء الشوكية انثياثاريا ***Antipatheria***، وسيرانثاس ***Cerianthus***، وجلاكسيا ***Galaxea*** (لوحة رقم ٤ ـ ٦، وشكل ٤ ـ ٦٣) وفانجيا ***Fungia*** (لوحة رقم ٤ ـ ٦) وهو نوع من المرجان يعيش منفردًا وهيكله قرصي يشبه عيش الغراب.



شكل (٤-٦٣) بعض أنواع المراجين الحجرية **stony corals**
التي تنتمي لرتبة مدروبوراريا

الفصل السابع عشر

الحيوانات ذات التماثل الجانبى

BILATERIA

اللاسيلوميات ثلاثية الطبقات

TRIPLOBLASTIC ACOELOMATES

على نقيض الحيوانات الشعاعية **Radiata** وهى اللاسعات وحاملات الأمشاط فإن كل الميتازوا (البعديات) الحقيقية لها تماثل ثنائى جانبى، أى يمكن تقسيم الحيوان إلى نصفين متماثلين ذات مستوى واحد يمر بمنتصف محوره الطولى. وقد تبدأ الحيوانات فى أطوارها الأولى بالتماثل الجانبى ولكن بعد ذلك تتحول إلى تماثل شعاعى ثانوى مثل شوكيات الجلد **Echinodermata**، أو قد يحدث بها التواء أو التفاف كما هو الحال فى القواقع (الرخويات). وتتميز الحيوانات ذات التماثل الجانبى بوجود سطحين أحدهما ظهرى والآخر بطنى ونهاية أمامية وأخرى خلفية، والمحور الرئيسى للجسم هو الأمامى الخلفى، وعادة تتجه النهاية الأمامية للأمام، وقد تتميز إلى رأس حيث يتركز فيها الجهاز العصبى وأعضاء الحس. كما يكون السطح البطنى عادة ملاصقا للمرتكز. وفى البداية تبدأ الحركة بالحركة الهدبية، ولكن مع زيادة الحجم يبدأ التعقيد فى التركيب وتصبح الحركة عضلية.

وتتميز الحيوانات جانبية التماثل - على نقيض الشعاعيات - بظهور الأعضاء، وهذا يؤدى إلى ظهور طبقة متوسطة هى الميزودرم **mesoderm** الذى يقدم تراكيب وفراغات تؤدى إلى ظهور العديد من الأعضاء، وهذا يتبعه نمو وتمييز أكبر لكل من طبقتى الإكتودرم والإندودرم، وتؤدى إلى ظهور الأجهزة: عضلية وهضمية ووعائية وإخراجية وتناسلية وتنفسية وعصبية. كل هذا يعطى الحيوان فرصة لزيادة الحجم وكفاءة أكبر لأجهزته، وتوجد عادة فتحة است فى نهاية القناة الهضمية وتفتح عند نهاية الجسم، وتوجد فى كل الحيوانات ذات التماثل الجانبى ما عدا الديدان المفلطحة.

والتماثل الجانبي أكثر ملاءمة للحركة النشطة إذا قُورن بالتماثل الشعاعي، كما أن الحركة النشطة أو السباحة تكون حافزا لنشوء أعضاء حسية أفضل، وتحكم وتآزر عصبي أقوى.

وفي الديدان المفلطحة وغيرها من الحيوانات ثلاثية الطبقات تخلو الطبقة المتوسطة من تجويف سيلومي، ولهذا أُطلق على مجموعة هذه الحيوانات اللاسيلوميات **Acoelomata**، وحتى في هذه الحيوانات ثلاثية الطبقات فإن العمليات الفسيولوچية تقوم بها الأنسجة والتي تتركز وتوجد في مناطق محددة. كما يمكن التمييز في هذه الحيوانات الأعضاء والأجهزة. فبينما اللاسعات توجد في المستوى النسيجي فالمجموعات الحيوانية الأخرى من الديدان المفلطحة حتى الإنسان تتميز بوجود الأجهزة والأعضاء.

وقد أدى ظهور اللاسيلوميات إلى:

١ ـ كونت اللاسيلوميات خطة التعضي الأساسية لجانبية التماثل.

٢ ـ ظهور الميزودرم كطبقة جنينية (ثلاثية الطبقات) وأتاحت الفرصة لتكوين الأنسجة والأعضاء والأجهزة.

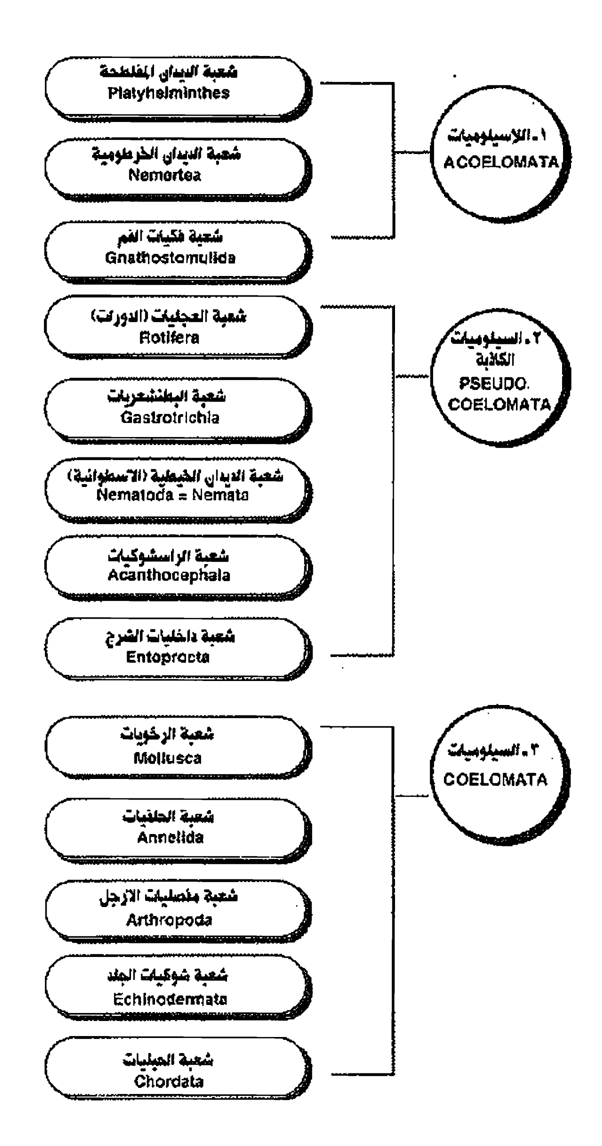
٣ ـ أدى ظهور التماثل الجانبي إلى ظهور الرأس في مقدمة الحيوان حيث يتركز الجهاز العصبي وأعضاء الحس.

٤ ـ ظهور عضلات تحت البشرة، مع تكوين جهاز حشوي من الألياف العضلية.

٥ ـ ظهور جهاز إخراجي متخصص.

٦ ـ وجود تراكيب فريدة ومتخصصة، وقد أدت المعيشة التطفلية للكثير من الديدان المفلطحة إلى ظهور العديد من التكيفات المتخصصة مثل أعضاء الالتصاق بالعائل.

وتنقسم الحيوانات ثنائية الجانب إلى الشعب الرئيسية الآتية:



شعبة الديدان المفلطحة

PLATYHELMINTHES

حيوانات لاسيلومية أكثر تعضيًا من اللاسعات، وفيها نشأت طبقة متوسطة (الميزودرم) بين طبقتي الإكتودرم والإندودرم، ويشمل الميزودرم الجزء الأكبر من جسم الحيوان. وتُعتبر الديدان المفلطحة أكثر الشعب بدائية مقارنة بجميع الشعب الأخرى التى تشمل المملكة الحيوانية. وتتميز بظهور طبقات عضلية متخصصة وذلك فى أى منطقة من النسيج الحشوى ـ الميزانشيما **mesenchyma** بدلا من قصرها على طبقتي الإكتودرم

والإندودرم فى اللاسعات. ويتم الهضم أساسًا خارج الخلايا وهى صفة تلازم زيادة حجم الحيوان، كما أن الجهاز العصبى أكثر تركيزا وأفضل تكوينا من اللاسعات، وهناك ميل لتركيز الجهاز العصبى فى شكل أحبال عصبية.

وقد تكون الديدان المفلطحة حرة المعيشة أو متطفلة، إذ إن التطفل من الأمور الشائعة فى المفلطحات، ويصاحب ذلك ميلا لفقد بعض التراكيب التى توجد فى الحيوانات الحرة لتلائم حياة التطفل. كما ارتفعت القدرة التكاثرية لتلائم حياة الطفيلى وتضمن استمراريته. كما تأقلمت الكثير من الطفيليات للمعيشة فى أكثر من عائل. وجميع الديدان المفلطحة - كما ينم عليها اسمها - مفلطحة من أعلى لأسفل وتتميز بالتالى:

١ - يتكون الجسم من ثلاثة طبقات: إكتودرم خارجى، إندودرم داخلى وبينهما طبقة ميزودرمية خلوية، ولكن لا يوجد تجويف جسمى مثل السيلوميات الكاذبة والسيلوميات.

٢ - ذات تماثل جانبى، مع وجود نهاية أمامية وأخرى خلفية وسطح ظهرى وآخر بطنى.

٣ - الجسم مبطط من أعلى لأسفل ومن ذلك اشتق اسمها (**platy** = مفلطح، **helmin** = دودة).

٤ - الجهاز الهضمى بدائى له فتحة واحدة للخارج هى فتحة الفم ولا توجد فتحة است.

٥ - الجهاز العضلى جيد التكوين وهو عبارة عن غلاف ينشأ أصلاً من طبقة الميزودرم ويُكَوّن طبقات عضلية دائرية وطولية تحت طبقة البشرة إضافة إلى الألياف الميزنشيمية العضلية. ويسمح ترتيب العضلات للديدان المفلطحة أن تغير شكلها بالالتواء أو التفلطح ثم تعكس ذلك بدرجة لا يمكن أن تقوم بها اللاسعات.

٦ - يتكون الجهاز العصبى من زوج من العقد العصبية الأمامية والأحبال العصبية الطولية المتصلة بعضها ببعض بأعصاب عرضية توجد فى النسيج الحشوى (الميزنشيمه) فى معظم الأنواع.

٧ - يتركب الجهاز الإخراجى من قناتين جانبيتين مع مجموعة غزيرة من الأفرع التى تنتهى بالخلايا اللهبية.

٨ ـ أعضاء الحس بسيطة، وقد توجد بقع عينية في بعضها، أما في الأنواع المتطفلة فتُختزل أعضاء الحس.

٩ ـ لا يوجد جهاز هيكلي أو تنفسي أو دوري.

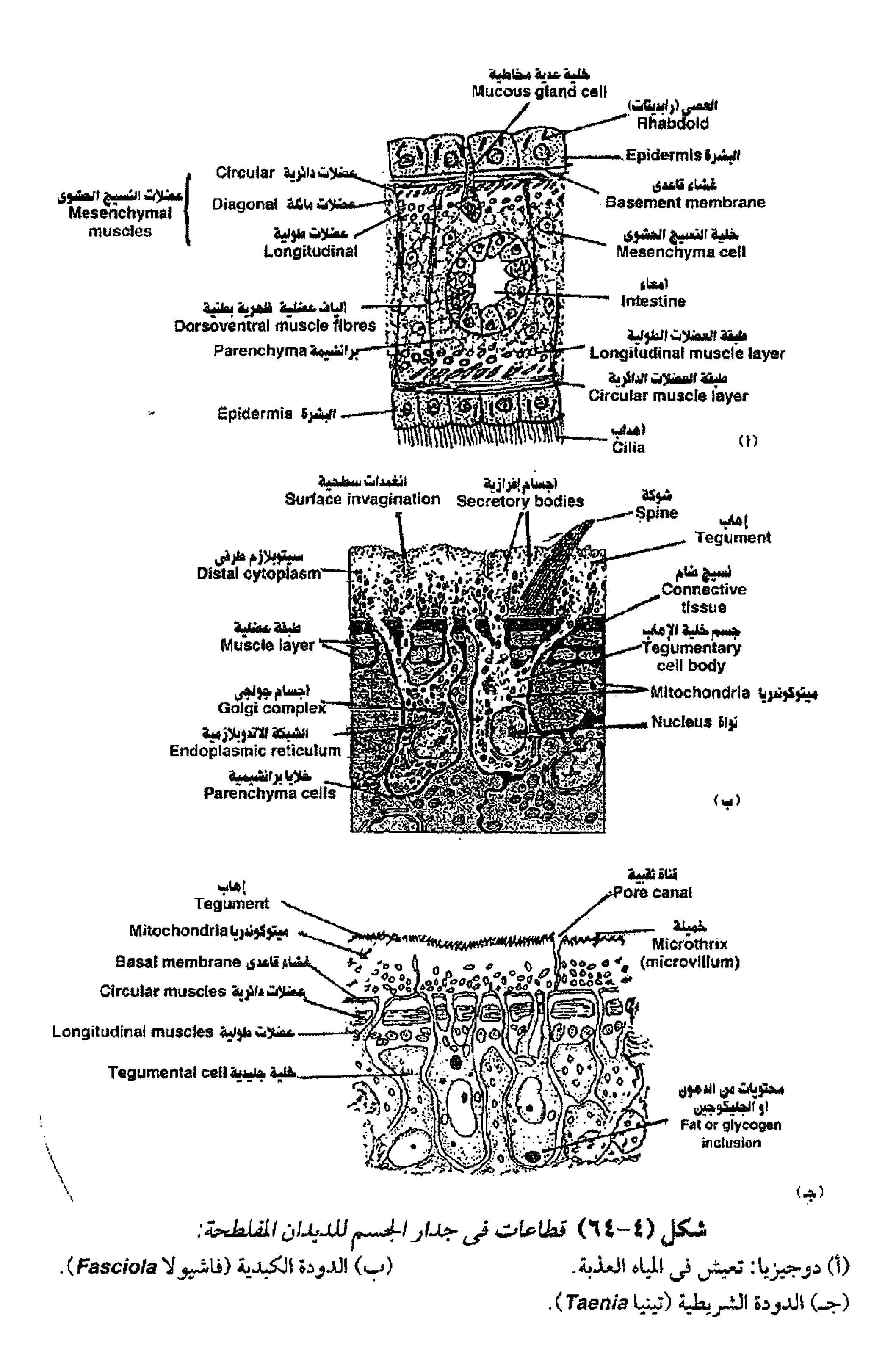
١٠ ـ معظمها وحيد الجنس، والجهاز التناسلي ذات تركيب معقد وعادة يُعطى أعداداً هائلة من البيض. والتكوين مباشر في الأنواع حرة السباحة والتي لها عائل واحد خلال دورة حياتها. وغير مباشر في الطفيليات الداخلية التي قد تمر بدورة حياة معقدة وكثيراً ما تتضمن عدة عوائل.

التركيب العام للديدان المفلطحة

جدار الجسم

يختلف تركيب جدار الجسم في كل من الديدان المفلطحة حرة المعيشة والمتطفلة. ففي ديدان الدوجيزيا (البلاناريا) الحرة المعيشة تتكون البشرة من طبقة واحدة من خلايا مكعبة يليها غشاء قاعدي (شكل ٤ ـ ٦٤أ). وتكون خلايا البشرة على السطح البطني مهدبة وتحتوي على أجسام شبيهة بالقضبان يُطلق عليها العصي ـ رابدوديس (رابديتات) **rhabdoides** والتي عند انطلاقها في الماء تنتفخ وتكون غلافاً چيلاتينياً واقيا حول الجسم، إضافة إلى ذلك توجد خلايا مخاطية بين خلايا البشرة، أو توجد تحتها وتفتح للخارج. ويلي البشرة طبقة من الألياف العضلية مرتبة في ثلاث طبقات: دائرية ومائلة وطولية. وتملأ الفجوات حول الأعضاء المختلفة شبكة من خلايا برانشيمية.

أما في الأنواع المتطفلة (مثل الفاشيولا والتينيا) فيتميز جدار الجسم بخلوه من الأهداب ووجود طبقة إهاب سميكة. وتوضح الدراسة بالمجهر الإلكتروني بأن الإهاب **tegument** (جُلَيد) يتركب من مادة بروتوبلازمية حية على هيئة مدمج خلوي تحتوي على حبيبات إفرازية وميتوكوندريا والتي تمثل امتداداً لطبقات أكثر عمقا من خلايا ذات أنوية (شكل ٤ ـ ٦٤ب) وهي الخلايا التي يفرزها الإهاب. وفي بعض الأنواع مثل الدودة الكبدية (الفاشيولا) تكون طبقة الإهاب الخارجية ملساء ومزودة بشويكات صغيرة حادة تتجه للخلف وتعمل على تثبيت الدودة في الأنسجة داخل العائل. أما في الديدان الشريطية (كالتينيا) فتحتوي الطبقة الخارجية على خميلات دقيقة تعمل على زيادة سطح الامتصاص (شكل ٤ ـ ٦٤ جـ). ويحتوي الإهاب على أكياس ارتشاف **pinocytic vesicles** وشبكة سيتوبلازمية، أما في الطبقة الداخلية فتوجد الميتوكوندريا. ويرتكز الإهاب على غشاء قاعدي تليه طبقة العضلات الدائرية ثم الطولية. وقد تكون هناك



شكل (٤-٦٤) قطاعات فى جدار الجسم للديدان المفلطحة:

(أ) دوجيزيا: تعيش فى المياه العذبة. (ب) الدودة الكبدية (فاشيو لا *Fasciola*).

(جـ) الدودة الشريطية (تينيا *Taenia*).

طبقــة من العضــلات المائلة. وتوجد فى الطبقــة المتوسطة عــضلات ظهرية بطــنية تصل السطح الظهرى بالبطنى؛ وذلك لتساعــد فى بقاء شكل جسم الدودة المبطط ثابتًا. وتقع الخلايا الميزنشيــمية تحت الطبقة العضلية وتتــركب من خلايا كبيرة متفــرعة بها شبكة من الألياف، وبها فجوات مملوءة بالسوائل. ويملأ النسيج الحشوى (الميزنشيمة) الفراغات بين الأعضاء المخــتلفة وجدار الجسم. ويعــمل النسيج الميزنشيــمى كهيكل هيدروســتياكى لا يمكن تغيير شكله بسهولة مقارنة بالسوائل التى تملأ الفجوات.

الجهاز الهضمى

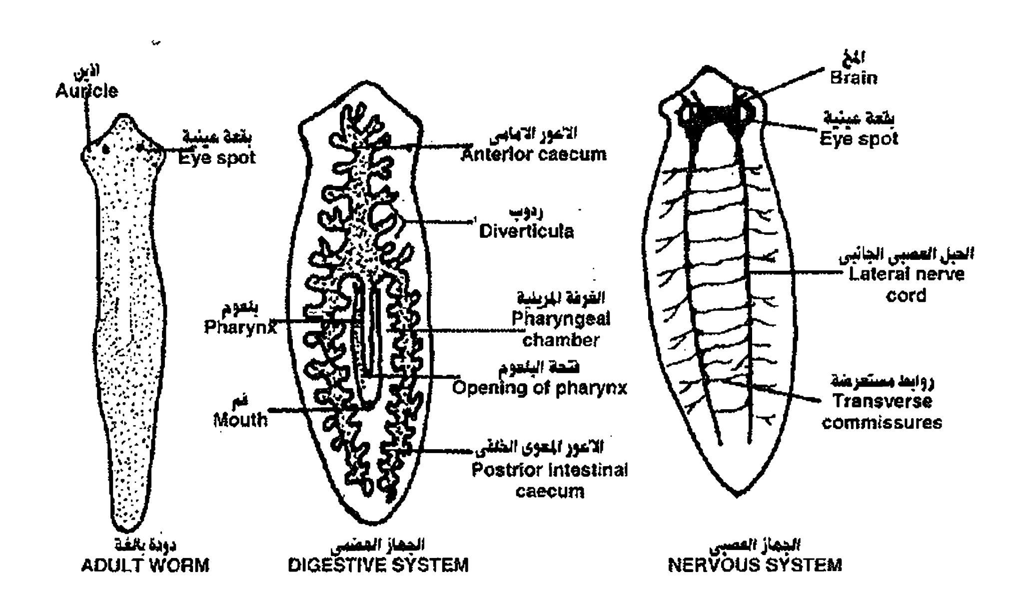
يتركب الجهاز الهضمى فى الديدان المفــلطحة الحرة مثل الدوجيزيا، من فم يؤدى إلى بلعوم قد يكون عضليًا، ويمكن قلبه للخارج، ويعمل كأمعاء أمامية. ويؤدى البلعوم إلى مرىء قصير يتصل بالأمعاء التى قد يكون لها فرعان أو ثلاثة فروع أعورية. ويتركب كل أعــور من عدد كــبيــر من الجيــوب الأعورية (شكل ٤ ـ ٦٥) لزيادة سطح الهــضم والامتصاص. ويبطن جدار الأمــعاء أو التجويف المعدى خلايا إندودرمية عــمادية كبيرة تنتشر بها خلايا غدية وتحيط بها طبقة رقيقة من العضلات.

والدوجيــزيا (تربيلاريا) ديــدان حرة المعيــشة تــغذى على غــيرها من الحــيوانات كالقشريات الصغيرة والديدان الخيطية والعــجليات والحشرات وغيرها، ويمكن للدوجيزيا أن تحس بطعامــها عن بعد بواسطة المستــقبلات الكيميــائية. وهى تقتنص فرائــسها بشل حركــتهــا باستــخدام المادة المخــاطية ثم تُبْلع الفــريسة أو بفــعل الشفط بواسطة البــلعوم العضلى. وعــادة يبدأ الهــضم خارج الخلايا حــيث تفرز الخــلايا الغدية المبطنة للأمــعاء الإنزيمات الهاضمة التى تعمل على تفتيت الغــذاء، ثم تبتلع خلايا أكولة جزيئات الطعام حيث يــتم الهضم داخل الخــلايا، ثم يُمْتص الغــذاء المهضــوم عن طريق جدار الأمــعاء وبطانة الجيوب الأعورية، ومنها ينتشر إلى جميع أجزاء الجسم وتطرد فضلات الطعام من خلال البلعوم.

ومن الملاحظ أنه يمكن لديدان الدوجيزيا ***Dugesia*** أن تعيش مدة طويلة من غير طعام حــيث تسحب الغذاء بهــضم أنسجتهــا بما فيها أعــضاء التكاثر والنسيج الحــشوى والعضلات وغيرها، وقد وجد أنه يمكن اختزال حجم الحيوان من ١ : ٣٠٠ مرة حجمه الأصلى. وعندما يعود للتغذية بعد ذلك فإنه تعوض كل الأنسجة التى فقدها.

أما الدودة الكبــدية فتــتغذى على الصــفراء وتتلف الخــلايا الكبدية، إضــافة إلى التغــذية على خلايا الدم، مما يؤدى إلى مرض تعــفن الكبد **liver rot** فى الماشية الذى يؤدى إلى وفاة الحيوان. أما فى الإنسان فتــؤدى الإصابة بالفاشيولا (الدودة الكبدية) إلى

الإصابة بأورام الكبد والأنيميا والإسهال، أما ديدان البلهارسيا فتتغذى على الدم والليمف، إضافة إلي امتصاص الأحماض الأمينية والسكريات من الدم بواسطة عملية الارتشاف الخلوى **pinocytosis** من خلال الجليد. ويمر الغذاء في الدودة الكبدية من الفم إلى البلعوم بالفعل العضلى، ومنها إلى الأمعاء التى تتكون من فرعين أعورين (شكل ٤ ـ ٦٦) حيث يتم الهضم والامتصاص. ويعمل الأعور والجيوب الأعورية فى الأمعاء والبرنشيمة على انتشار الغذاء المهضوم إلى جميع أجزاء الجسم. ويُطْرد الغذاء غير المهضوم من الفم بمساعدة الانقباضات العضلية للدودة.



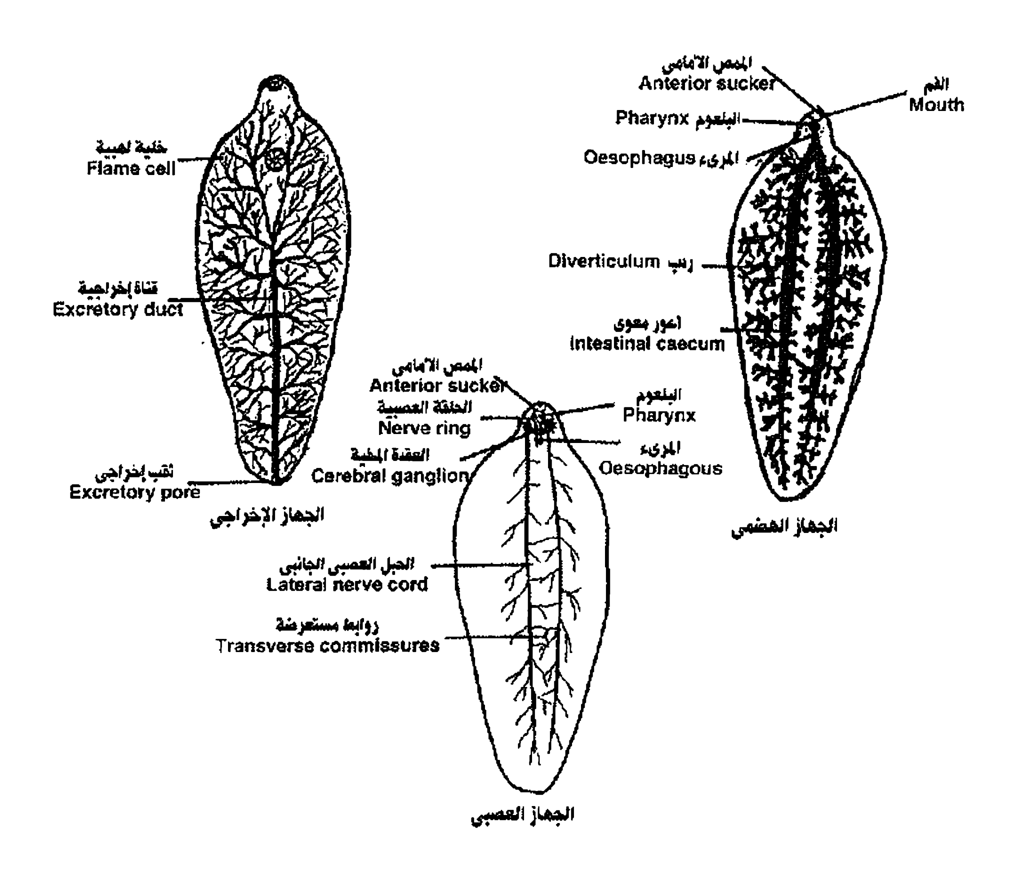
شكل (٤-٦٥) *الأجهزة المختلفة فى ديدان دوجيزيا* ***Dugesia***
(من طائفة التربيلاريا) وهى ديدان تعيش فى المياه العذبة

أما فى الديدان الشريطية حيث لا توجد قناة هضمية فيمتص الغذاء المهضوم من خلال الإهاب والخميلات التى تغطيه بعملية الأرتشاف الخلوى، وهى عملية امتصاص نشطة وليس امتصاصا بسيطًا.

الجهاز العصبى

من أهم صفات الحيوانات ثلاثية الطبقات تكوين جهاز عصبى جيد التكوين حيث تتركز الخلايا والألياف العصبية فى العقد والحبال العصبية. ويتكون الجهاز العصبى من

زوج من العقد المخية (المخ) الذى يقع فى منطقة الرأس ويحتوى على الخلايا العصبية، ويتحدان معًا بواسطة حلقة حول مريئية ويمتد من الأخيرة حبلان جانبيان طوليان يمتدان بطول الجسم حتى مؤخرته (شكل ٤ ـ ٦٥، ٦٦) وتتصل الحبال العصبية بعضها ببعض بواسطة روابط عصبية، مما يعطى الجهاز العصبى شكل السلم ويزود أجزاء جسم الدودة بأعصاب جانبية. أما المنطقة الأمامية فتزودها أعصاب من العقدة العصبية والجزء الأمامى للجهاز العصبى والذى يزود أيضا الأعضاء الحسية مثل البقع العينية التى توجد فى الدوجيرنا الحرة المعيشة.

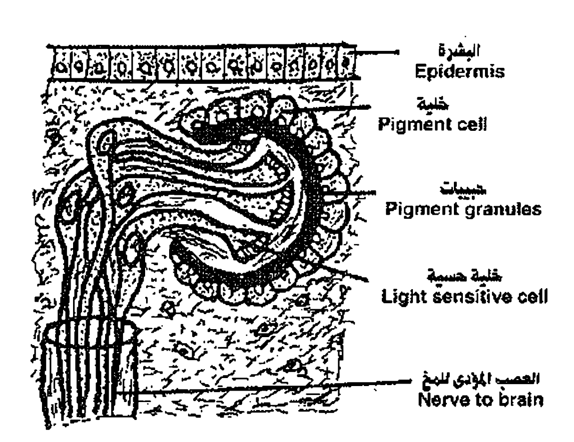


شكل (٤-٦٦) *الأجهزة المختلفة فى الدودة الكبدية (فاشيولا Fasciola)*

ويلاحظ أن الأعضاء الحسية تكون جيدة التكوين فى الأنواع التى تعيش حرة مثل الدوجيزيا. وتشمل البقع العينية وبعض الأعضاء المتصلة بحواس التذوق والشم واللمس

واستقبال التيارات المائية. وتشبه البقع العينية الفنجان وتكون مبطنة بخلايا مصطبغة باللون الأسود تبطنها خلايا شبكية حساسة للضوء. وتتصل نهاية الخلايا الشبكية بأعصاب متصلة بالمخ (شكل ٤ ـ ٦٧). وتغطى البقع العينية منطقة شفافة وهى حساسة لشدة الضوء واتجاهه. ويعمل الفنجان المحيط بالبقعة العينية كطبقة واقية تسمح بدخول الضوء إلى الخلايا الحساسة له من خلال فتحة الفنجان البصرى فقط، وبذلك يسمح بدخول الضوء إلى الخلايا الحساسة، لذا يستجيب الحيوان لاتجاه مصدر الضوء. وعادة تكون الدوجيزيا ذات استجابة سلبية للضوء إذ تنشط ليلا. وإضافة لوجود البقع العينية توجد مستقبلات كيميائية منتشرة على جميع سطح الجسم وإن كانت مركزة فى منطقة الرأس.

أما فى الديدان المفلطحة الطفيلية فقد اضمحلت الأعضاء الحسية أو اختفت تماما حيث إنها تعيش فى الطور اليافع على وجه الخصوص فى بيئة ثابتة ومحمية من المؤثرات الخارجية. أما الأطوار التى تعيش معيشة حرة فهى مجهزة بأعضاء حسية.



شكل (٤-٦٧)

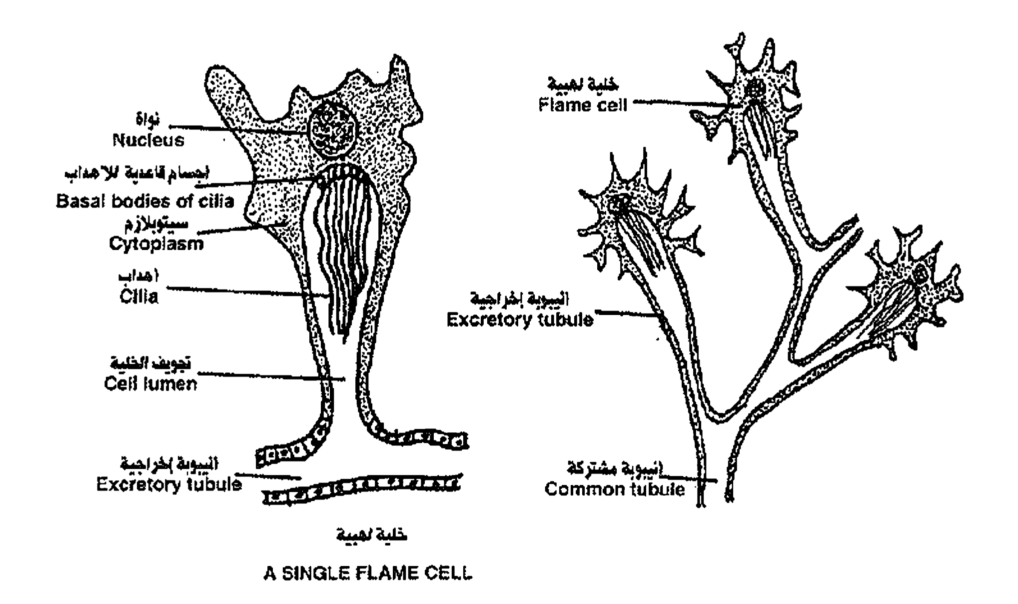
قطاع فى عين أحد ديدان الدوجيزيا (البلاناريا)

وفى الديدان الشريطية يكون الجهاز العصبى وأعضاء الحس ضعيف التكوين فى الحيوان اليافع. ويوجد فى منطقة الرؤيس **scolex** مركزين عصبيين يزودان الممصات والأعصاب، إضافة إلى حبلين عصبيين جانبيين يمتدان بطول جسم الدودة.

الجهاز الإخراجى

يتكون من أنابيب تنتشر فى النسيج الحشوى فى كل أجزاء جسم الدودة ولكنها لا تكوّن عضواً إخراجيا متماسكًا مثل الحيوانات الأعلى. ويتركب الجهاز الإخراجى إما من أنبوبة وسطية طولية أو أنبوبتين طوليتين بطول الجسم ويفتحان بثقب أو ثقوب إخراجية

فى نهاية الجسم. وتتصل الأنابيب الرئيسية بواسطة شبكة من الأنابيب المهدبة التى تتفرع فى كل أجزاء الجسم وتنتهى بالخلايا اللهبية **flame cells**. وتكون كل خلية لهبية مجوفة من الداخل وتحتوى على خصلة من الأهداب (شكل ٤ ـ ٦٨) التى تنشأ من حبيبات قاعدية، ويحيط بها غشاء رقيق مرن، ولها عديد من البروزات التى تمتد بين الخلايا البرانشيمية، وتكون مزودة بنواة، وتتحرك أهداب الخلايا اللهبية باستمرار مثل حركات لهب الشمعة (التى أشتق اسمها منها). وتعمل حركة الأهداب على حمل الماء الزائد وبعض النفايات المسرفة فى الأنيبوبات بواسطة الضغط الهيدروستاتيكى للخلايا اللهبية. وينتشر الماء والنفايات إلى داخل الخلايا اللهبية ومنها إلى الفجوات حيث يتم ضخها بالحركة الهدبية. ومن الشائع أن يحمل جدار الأنبوبة بعد الخلية اللهبية ثنيات أو خملات دقيقة قد تعمل على إعادة امتصاص أيونات أو جزيئات معينة.



شكل (٤-٦٨) ***التركيب الدقيق للخلايا اللهبية فى الديدان المفلطحة***

وفى الديدان المفلطحة التى تعيش حرة فى المياه العذبة فالوظيفة الرئيسية للجهاز الإخراجى هو تنظيم تركيز الماء داخل الجسم، وبذلك يعمل هذا الجهاز على حفظ توازن الماء بطرد المياه الزائدة، ولذلك تكون الخلايا اللهبية جيدة التكوين، أما فى التربلاريا

البحرية فالوحدات الإخراجية (النفريدة الأولية) قد تُختزل أو لا توجد حيث إنها لا تحتاج لطرد الماء الزائد. إما إخراج المواد النتروچينية المسرفة فتقوم بها خلايا معينة فى الأنابيب الدقيقة وكذلك من خلال طبقة الأدمة المعدية **gastrodermis**.

التنفس

لا توجد أعضاء متخصصة للتنفس، إذ يتم التنفس وتبادل الغازات التنفسية من خلال سطح الجسم إلى الماء المحيط ويتم ذلك فى ديدان البلاناريا حرة المعيشة، ومما يساعد على الانتشار هو جدار الجسم الرقيق.

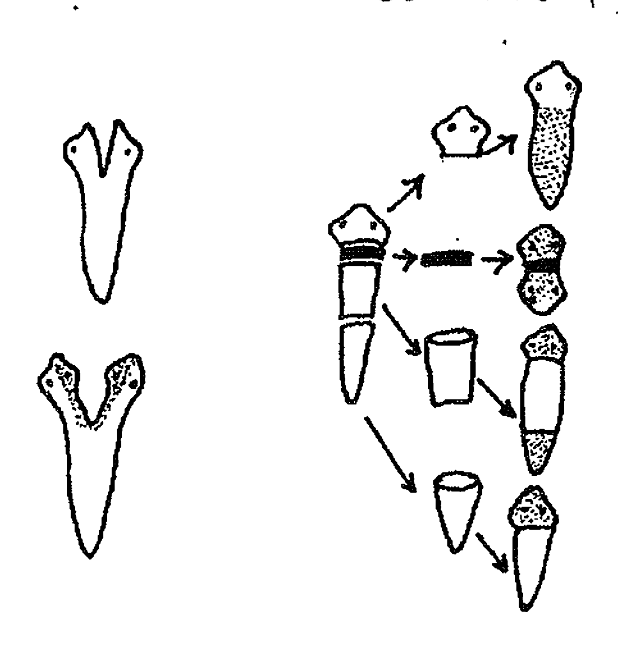
أما فى الديدان المتطفلة مثل الفاشيولا (الدودة الكبدية) والبلهارسيا فإنها تمتص الأكسچين من عصير الصفراء والدم والأنسجة المجاورة. وتعيش دودة الفاشيولا تحت ظروف لاهوائية نسبيًا حيث لا يكون الأكسچين فى الكبد عالى التركيز، وفى هذه الحالة تتم عملية تنفس لاهوائى حيث يمر الجليكوچين بعملية تحلل يتبعها أكسدة لاهوائية **glycolysis** ويتكون حمض البيروڤيك. ثم تتم إزالة الكربون من حمض البيروڤيك ليكون ثانى أكسيد الكربون ومجموعة أستيلية، وتتحد الأخيرة مع مساعد الإنزيم «أ» **(coenzyme A)** ليكون الأستيل مساعد الإنزيم «أ» **acetyl coenzyme A** الذى يتكثف ويكون أحماضًا دهنية. وبذلك يكون نتيجة التنفس ثانى أكسيد الكربون والأحماض الدهنية التى يتم إخراجها حيث إنها لا تذوب وأقل تفاعلاً من حامض اللبنيك؛ وتُكون الناتج النهائى الذى يقوم جهاز الإخراج بالتخلص منه.

التجديد

إن عملية التجديد من أهم العمليات الحيوية فى الكائنات الحية، والتى تكون من مميزات الحيوانات الدنيا، أما فى الحيوانات الراقية فعملية التجديد محدودة؛ لذلك فلدراسة هذه الظاهرة يلجأ العلماء لاستخدام الحيوانات غير الراقية لفهم ميكانيكية هذه العملية. ولقد سجل العلماء قدرة التربلاريا مثل دودة دوجيزيا على التجديد، فأى جزء من الحيوان يمكنه أن يجدد الأجزاء المفقودة وينمو إلى حيوان كامل. وقد يحدث ذلك فى الحياة الطبيعية إذ إن خلال حركة الدودة قد تُقطع أجزاء منها إذا قابلها عائق، وتكون النتيجة أن كل جزء مقطوع يجدد الجزء الذى فقده.

كما يمكن دفع الدوجيزيا للتجديد تجريبيًا فإذا شُقّ الحيوان إلى اثنين فى الجزء الأمامى ويترك لينـدمل فتكون النتيجة تكوين حيوان ذى رأسين (شكل ٤ ـ ٦٩)، وبنفس الطريقة يمكن الحصول على دودة ذات ٣ رؤوس إذ شق جزؤها الأمامى إلى ٣ أجزاء. وقد وجد أن القدرة على التجديد تعزى إلى خلايا معينة فى البرانشيمة تسمى النيوبلاستات **neoblasts** والتى تحتفظ بقدرتها الجنينية، ويمكن أن تتكاثر لتعوض الأجزاء المفقودة.

وقد وجد أنه إذا قطعت دودة الدوجيزيا إلى أجـزاء تهاجر خلايا النيوبلاست إلى الجزء المقطوع لتكون ما يعرف بالبلاستيما **blastema** التى تنمو بدلا من الجزء المفقود. وإذ تم تدميـر خلايا النيوبلاست باسـتخدام الأشـعة السينيـة تفقد الدودة قـدرتها على التـجديد. ومن المرجح أن خـلايا النيوبلاسـت تُنجذب إلى الجـزء المقطوع بفعل مـادة كيميائية والتى لا يتم تكوينها بعد تكوين البلاستيما.



شكل (٤-٦٩) *عملية التجديد فى ديدان التربلاريا (دوجيزيا)*

ولقد استخـدم العالم تشايلد **(C.H. Child)** التجديد فى البـلاناريا ليثبت نظرية التـدرج المحورى **axial gradient theory**. وطبـقا لهـذه النظرية يوجد تدرج أمـامى خلفى ذات طبيـعة فسيولوجـية حيث تكون عمليـات الأيض أعلى ما يمكن عند الطرف الأمامى ثم تقل ناحية النهاية الخلفية. ففى أى جزء مقطوع تتكون الرأس عادة فى الجزء الأمامى ذات المعدل الأيضى العـالى، أما مؤخرة الحيوان فـتتكون فى الجزء الخلفى ذات المعدل الأيض المـنخفض. ومن الطريف وجـد أنه إذا قطع جزء ضيـق من إحدى ديدان البلاناريا بعد الرأس مبـاشرة فتتكون دودة ذات رأسين (شكل ٤ ـ ٦٩)، رأس على كل سطح حيث إن لهما نفس معدل الأيض.

طائفة ثنائية العائل
DIGENEA

وشائع الدم BLOOD FLUKES

شستوسوما ـ البلهارسيا *Schistosoma*

طفيلى يتطفل على دم الإنسان ويوجد منه ثلاثة أنواع رئيسية:

١ - شستوسوما هيماتوبيم *Schistosoma haematobium* ـ بلهارسيا المجارى البولية. وتعيش أساسا فى الأوعية الدموية للمثانة البولية، والذى اكتشفها فى مصر عام ١٨٥٢ العالم ثيودور بلهارس **Theodor Bilharz** والذى سميت على اسمه فى البداية، وعائلها المتوسط قوقع بولينس ***Bulinus***، وتسبب قروحا فى جدار المثانة البولية.

٢ - شستوسوما مانسونى *Schistosoma mansoni* البلهارسيا المعوية، وتعيش فيها الديدان اليافعة بشكل رئيسى فى الأوعية الدموية الخاصة بالأمعاء الغليظة، وعائلها المتوسط هو قوقع من جنس بيومفلاريا ***Biomphalaria***. وتسبب قروحا فى جدار الأمعاء وخراريج وإسهالا دمويا.

٣. شستوسوما جابونيكم *Schistosoma japonicun* البلهارسيا الآسيوية، والتى تعيش فى غالبية الأحوال فى وريدات الأمعاء الدقيقة، وعائلها المتوسط أنواع عديدة من جنس أونكوميلانيا ***Oncomelania***.

وثمة أنواع من البلهارسيا التى تتطفل على الطيور والثدييات ومنها القردة بأنواعها. وتسبب الأنواع التى تصيب الإنسان مرض البلهارسيا **bilharziosis - schistosomiasis** وهو منتشر فى كثير من بلدان العالم ويسبب أمراضا خطيرة للإنسان لأكثر من ٤٥٠ مليون شخص فى العالم وينتشر فى أجزاء كثيرة من أفريقيا مثل مصر وتونس، ومراكش والجزائر وحوض وادى النيل وجنوب أفريقيا وأوغندا والكنغو، والسعودية، وفلسطين والصين وجنوب ووسط أمريكا وجزر الهند الغربية وغيرها من البلاد.

ويُلاحظ أنه خلال تطور مرض البلهارسيا تتأثر به الكثير من الأعضاء وخاصة ما يسببه البيض ذا الأشواك الذى يمزق الأنسجة ويؤدى إلى فقد كميات كبيرة من الدم، وقد تضع الأنثى البيض فى الشعيرات الدموية فى الكبد مما يعوق دوران الدم ويؤدى إلى تليف الكبد، وكذلك يؤثر على الطحال والرئتين، وتؤدى بلهارسيا المجارى البولية إلى

سرطان المثانة وحتى الأعضاء التناسلية. وفي مصر سُجّل السبب الرئيسي لسرطان المثانة بسبب الإصابة ببلهارسيا المجارى البولية، كذلك سرطان الخلايا البلاطية وهو من الأنواع السائدة، وقد يسبب حصى المجارى البولية. إضافة إلى ما يسببه أعرض من أنيميا وتعويق الوظائف العقلية، والإصابة بالفيروس الكبدى (س) الذى يؤدى إلى تليف الكبد.

شستوسوما هيماتوبيم

Schistosoma haematobium

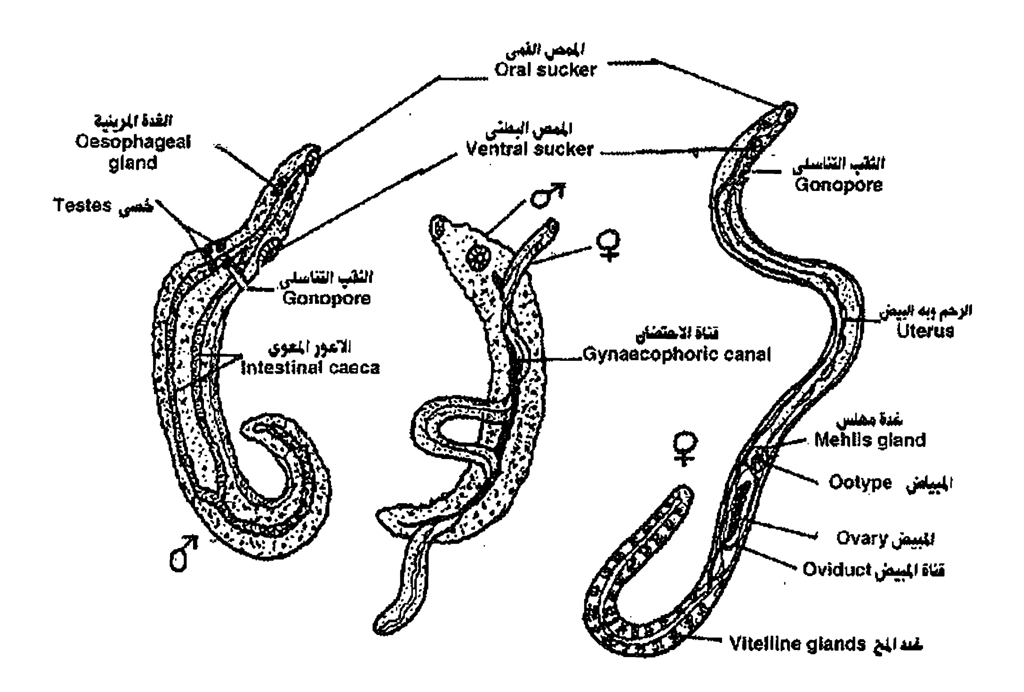
بلهارسيا المجارى البولية

الشكل العام

الديدان ثنائية المسكن، ولكن توجد عادة الذكور حاملة الإناث (لوحة رقم ٤ ـ ١٠) خلال معظم حياتها الجنسية ويمكن للدودة أن تعيش فى جسم الإنسان من ٢٦ ـ ٤٠ عاما. وتكون الذكور مقوسة ورقية الشكل وعريضة ويصل طولها من ١٠ ـ ١٢ مليمتراً، وعادة يحتضن الذكر الأنثى فى ميزاب بطنى يشبه الأنبوبة يمتد من الممص الخلفى حتى نهاية الجسم، ويُطلق على هذا الميزاب قناة أو ميزاب الاحتضان **gynaecophoric canal** والذى يتكون من ثنى الحواف العضلية البطنية لجسم الذكر (شكل ٤ ـ ٧٠). ويغطى جسم الذكر جليد خشن مزود بنتوءات **tubercules** تعمل على تثبيت الذكر فى الأوعية الدموية الصغيرة عندما يمر ضد تيار الدم. أما جسم الأنثى فهو نحيل وأطول وأملس مع وجود حلمات على الممصات وعند الطرف الخلفى، ويبلغ طولها ٢٠ مليمتراً أو أكثر. وأن حمل الذكر للأنثى هو نوع من التكيف يضمن عملية الإخصاب فى مثل هذه الديدان وحيدة الجنس. وبعد عملية الإخصاب تترك الأنثى الذكر وتتجه إلى الأوعية الدموية الدقيقة فى جدار المثانة لتضع البيض.

الجهاز الهضمى

متشابه فى كلا الجنسين ويتكون من فم يقع فى منتصف الممص الأمامى يؤدى إلى مرىء قصير محاط بغدة مريئية هاضمة، وله انتفاخان، ولا يوجد بلعوم ماص مثل الذى يوجد فى الديدان الكبدية؛ نظراً لوجود دم سهل الهضم والذى يُستخدم كغذاء للدودة. ويؤدى المرىء إلى أعور ذى فرعين يتحدان معًا عند الثلث الأخير من الجسم ليكون أعور مقفلاً ينتهى بالقرب من الطرف الخلفى (شكل ٤ ـ ٧٠). ويتكون جدار الأمعاء من خلايا طلائية عمادية بسيطة محاطة بطبقة رقيقة من عضلات طولية ودائرية.



شكل (٤-٧٠) *دودة البلهارسيا (شستوسوما هيماتوبيم)*
Shistosoma haematobium

الجهاز التناسلى

تكون المناسل (المبيض والخصى) غير متفرعة، ويحتوى الذكر على ٤ ـ ٥ خصى توجد فى الطرف الأمامى خلف الممص البطنى مباشرة (شكل ٤ ـ ٧٠). ويؤدى الوعاء الناقل الذى يتكون من اتحاد الأنيبوبات المنوية من كل خصية، إلى الحويصلة المنوية التى تفتح على السطح البطنى بالثقب التناسلى الذكرى الذى يوجد خلف الممص الخلفى مباشرة، ولا يوجد عضو تسافد (قضيب).

أما المبيض المستطيل فيوجد فى المنطقة قبل اتحاد الأفرع المعوية فى النصف الخلفى من الجسم. وتخرج قناة المبيض من الجزء الخلفى وتتثنى للأمام لتفتح فى المبياض **ootype** حيث تتكون أغشية قشور البيض. وتتكون القناة المحية من اتحاد قناتين محيتين جانبيتين ينشآن من غدة محية توجد عند الطرف الخلفى. وتفتح القناة المحية فى قناة المبيض التى تتحد بالمبياض الذى تحيطه غدة مهلس **Mehlis' gland**. ويخرج من المبياض رحم مستقيم يفتح بالفتحة التناسلية الأنثوية على السطح البطنى خلف الممص البطنى (شكل ٤ ـ ٧٠). ويحتوى الجزء الأمامى من الرحم على حوالى ٢٠ ـ ٣٠ بيضة تزود كل واحدة منها بشوكة طرفية، ويبلغ طولها ١٤٣ ميكرونا (شكل ٤ ـ ٧١).

يتقابل السطحان البطنيان في الذكر والأنثى وهما فى قناة الاحتضان وتتسع الفتحة التناسلية للأنثى لضمان نقل الحيوانات المنوية إلى الجهاز التناسلي الأنثوى. ويتم إخصاب البيض فى قناة المبيض، ثم يتم تكوين البيض فى المبياض حيث يُحاط البيض بخلايا المح التى تزود الجنين النامى بالغذاء، وأيضا تقدم المواد التى تتكون منها قشرة البيضة. أما قناة مهلس فتفرز غشاء خارجيا رقيقا حول البيضة يسهل مرورها فى الرحم وبعد ذلك للخارج.

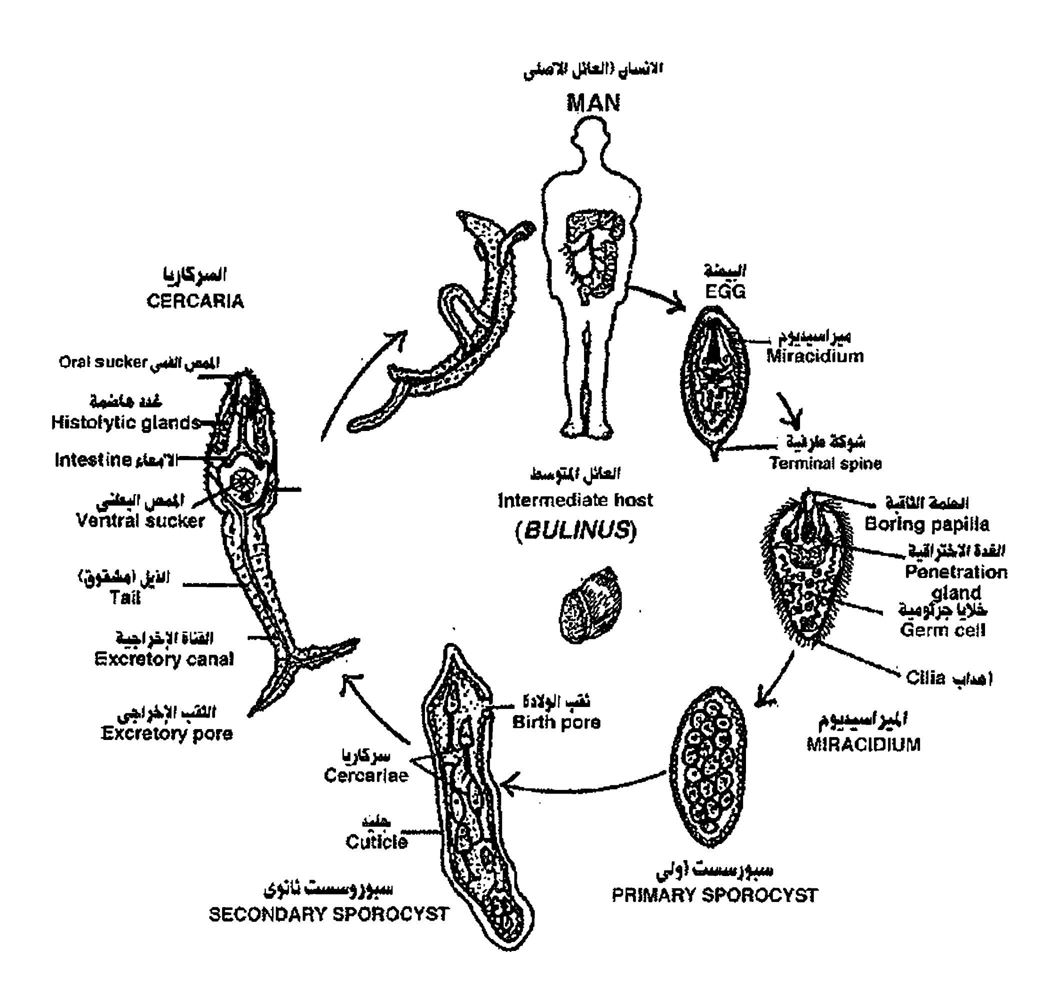
وبعد عملية الإخصاب يترك الذكر الأنثى، ثم تسبح الأنثى ضد تيار الدم لتصل إلى الأوعية الدموية التي توجد فى جدار المثانة البولية، يساعد الأنثى فى ذلك جسمها الطويل النحيل الأملس. وتضع الأنثى بيضة واحدة فى كل مرة وعندما يمتلئ أحد الوريدات الدموية بالبيض تهاجر الأنثى إلى وريد دقيق آخر وتستمر على ذلك أعوامًا طويلة، وذلك بمعدل ٢٠٠ بيضة يوميا. وبيض بلهارسيا المجارى البولية بيضاوى الشكل وكبير وله شوكة طرفية (مقارنة بالشوكة الجانبية لبلهارسيا الأمعاء (شكل ٤ ـ ٧٢)). وتنمو البيضة لتكون الميراسيديوم **miracidium** داخلها وهى لا زالت داخل أنسجة عائلها (شكل ٤ ـ ٧١). ويخترق البيض أنسجة المثانة البولية بمساعدة الشوكة الطرفية مما يسبب تهيجًا للأنسجة تؤدى إلى انقباضات عضلية. ومما يسهل اختراق الأنسجة وجود غدة فى مقدمة الميراسيديوم تفرز إنزيمات هاضمة للبروتين تعمل على إذابة أنسجة العائل مما يؤدى إلى انفجار الأوعية الدموية بسبب تقطيع جدار المثانة ونزول الدم مع البول (البول الدموى **haematuria**). وقد يؤدى مرور البيض خلال الأنسجة إلى التهابات تسبب مع مرور الوقت أوراما خبيثة وهو سرطان المثانة البولية الذى ينتشر فى البلاد التى تنتشر فيها الإصابة بهذا الطفيلى. كما أنه من المحتمل أن يُحمل البيض إلى الكبد حيث يسبب تلفا خطيرًا وتليفًا فى الكبد وتضخما فى الطحال. وأهم الأعراض التى تصيب الأشخاص المصابين ببلهارسيا المجارى البولية هو حرقان أثناء التبول مع نزول بول مدمم، حيث يوجد فيه البيض وأحيانا يوجد فى البراز.

وعند وضع البيض يحتوى على ميراسيديوم كامل التكوين (شكل ٤ ـ ٧١)، وإذا نزل البيض فى ماء أحد الترع أو المصارف يفقس بعد فترة قصيرة (حوالى ٣٦ ساعة)، بامتصاص الماء بسبب الأزموزية التى تؤدى إلى تمزق قشرة البيضة وانطلاق الميراسيديوم. ولا يفقس الميراسيديوم فى البول أو الماء المالح، كما أن درجة الحرارة من العوامل الهامة لفقس البيض. ومن الجدير بالذكر أن البيض يمكنه أن يبقى لمدة أسبوعين فى بول أو براز

معقم. ويغطى الميراسيديوم (شكل ٤ ـ ٧١) أهدابا ولـكن ليس له بقعة عينية وتوجد له قناة هضـمية أثرية، وزوجين مـن الخلايا اللهبـية. ويعـيش الميراسـيديوم في الماء لفـترة محـدودة (٢٤ ـ ٤٨ ساعة) يموت بعدهـا إذا لم يجد عائله المتـوسط وهو قوقع بولينس ترانكاتوس ***Bulinus truncatus*** وهو من الأنواع الشائعة فى الميـاه العذبة. وبمجرد أن يلامس الميراسيديوم جسم القوقع يخترق أنسجـته الرخوة بمساعدة إفرازات الغدد الرأسية الثـاقبـة **cephalic penetration glands**. وخـلال يوم إلى يومين تسـقط أهداب الميراسـيديوم وينمو إلى سـبوروسيست (كـيس جرثومى) **sporocyst** أنبوبى الشكل. ويخترق هذا الطور أنسـجة القوقع إلى غدته الهضـمية. ويحتوى الأسبـوروسيست الأم **mother sporocyst** على كتل من الخلايا الجـرثومية **propagative cells** التى تنمو لتكون عددًا كبيرًا من الأكياس الجرثومية الأبناء داخل الأسبوروسيست الأم. وتنمو هذه الأسبوروسـيستات فى الحجم لتـعطى خلايا جرثوميـة بداخلها عدد كبيـر من السركاريا **cercariae** وينتج الميراسـيديوم الواحد مـا يربو على ٢٠٠ ألف سركاريا. والسـركاريا هى الطور المعـدى الذى يترك الأسبـوروسيـست من خلال ثقب مـعين ويختـرق جسم القوقع ويخرج من خلال فـتحته التنفسية إلى الماء. ويـحدث انطلاق السركاريا إلى الماء خلال النهار. وتسبح السركاريا (شكل ٤ ـ ٧١) فى الماء بمساعدة خيطها بحثا عن عائلها الأصلي وهو الإنسان فإذا لم تجده خلال بضع سـاعات تموت. وقد وُجِد أن الفترة التى تستغـرقها تكوين السركاريا منذ دخـول الميراسيديوم جسـم القوقع تتراوح من ٤ إلى ٨ أسابيع.

وتتركب السركاريا (شكل ٤ ـ ٧١) من جسم بيـضاوى يحتوى على عضو الرأس **head organ** والذى سـيكون الممص الأمامي وممصـا خلفـيا. ويؤدى الفم إلى بلعـوم فمرىء وأمعاء ذات فرعين. وتحتوى منطقـة الرأس على ٤ ـ ٥ غدد رأسية. كما تحتوى على أربعة أزواج من الخلايا اللهـبية، وثلاثة ثقوب إخراجية. وتغطى السـركاريا أشواكًا تتجه للخلف ولها ذيل طويل مشقوق **furcocercous tail**. وتوجد الأجهزة العصبية وخلايا جنينية تكاثرية وعضلات مخططة طولية تؤدى انقـباضاتها السريعة وحركة الذيل إلى الانثناء السريع.

ولكي تتم السـركاريا نموها فـيجب أن تختـرق جلد العائل النهـائي وهو الإنسان خلال ٤٨ سـاعة ـ من خروجـها من القـوقع ـ سواء عند شربـه الماء أو الاستحـمام أو الاغتسـال أو المشى عـارى القدمين فى الماء الذى يحـتوى على الطور المعـدى. وتجذب الحرارة المشعـة من جسم الإنسان، السركاريا حـيث إنها ذات استجابة موجـبة للحرارة. وحالما تلامس السـركاريا الجلد أو الغشـاء المخاطى المبطن للفم أو الزور فـإنها تختـرقه



شكل (٤-٧١) *دورة حياة طفيلي بلهارسيا المجاري البولية*

Schistosoma haematobium

يساعدها في ذلك الإنزيمات الهاضمة للبروتين التي تفرزها غدد الاختراق (الثقب) **penetration gland** الموجودة في الرأس. وينفصل الذيل وتُحمل السركاريا مع تيار الدم في الأوردة حتى تصل إلى البطين الأيمن للقلب. وقد وجد أن الملابس لا تمنع اختراق السركاريا للجلد. ويشعر الشخص عند اختراق السركاريا للجلد بتهيج شديد وحساسية وحكة والتهابات جلدية يصاحبها نزيف تحت الجلد.

وتمر السركاريا من البطين الأيمن إلى الحويصلات الهوائية للرئة، ثم تنتقل للبطين الأيسر بواسطة الأوردة الرئوية. ثم تنتقل من القلب خلال الشرايين إلى أجزاء الجسم

حتى تصل إلى الضفيرة الكبدية البابية. وتموت الديدان التى تحملها أوعية دموية أخرى. وفى ضفيرة الأوعية الدموية البابية بالكبد تنمو الديدان، ولا تنضج الإناث إلا بعد التزاوج مع الذكور حيث تهاجر من الجهاز الكبدى البابى إلى الأوعية المساريقية وعلى وجه الخصوص تلك التى تتصل بالمثانة البولية حيث يتم وضع البيض. ويتم نضج الديدان بعد حوالى ٤٠ يوما من دخول السركاريا إلى جسم الإنسان. وقد تنضج بعض الديدان فى الكبد وتنتج بيضًا ذات شوكة طرفية، وتؤدى إلى تليف الكبد.

شستوسوما مانسونى

Šchistosoma mansoni

بلهارسيا الأمعاء (لوحة رقم ٤ - ١٠)

يماثل هذا النوع بلهارسيا المجارى البولية فى معظم صفاته والتعضى الداخلى ودورة الحياة، إلا أنه يختلف عنه فى الآتى:

١ ـ الديدان اليافعة أصغر حجمًا.

٢ ـ الحلمات الجليدية للذكر أكثر خشونة.

٣ ـ تفرعات الأمعاء تتحد عند نهاية الثلث الأول من الجسم؛ لذلك يكون الأعور المتوسط أطول.

٤ ـ للذكر حوالى ٧ خصيات (من ٣ ـ ١٣ خصية).

٥ ـ يوجد المبيض فى النصف الأمامى من الجسم.

٦ ـ الرحم قصير ويحتوى على عدد محدود من البيض (قد تكون واحدة)، مقارنة ببلهارسيا المجارى البولية حيث يوجد ٢٠ ـ ٣٠ بيضة فى الرحم.

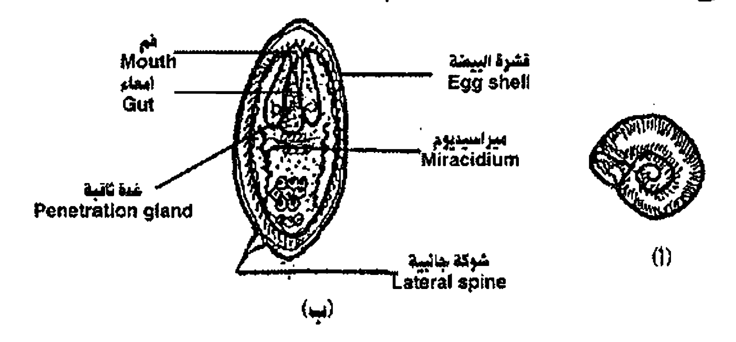
٧ ـ البيض أكبر حجمًا (١٥٥ ميكرونا فى الطول) وله شوكة جانبية (شكل ٤ ـ ٧٢)، وعادة يُطلق مع البراز ونادرًا مع البول، وتضع الأنثى ٣٠٠ بيضة يوميا.

٨ ـ تفضل الأنثى أن تضع بيضها فى الوريدات التى توجد فى جدار المستقيم.

٩ ـ العائل المتوسط هو قوقع بيومفلاريا الكسندرينا ***Biomphalaria alexandrina*** (شكل ٤ ـ ٧٢). وقد سجل منذ أوائل الثمانينيات عام ١٩٨٢ نوع من القواقع مُستقدم إلى مصر هو بيومفلاريا جلابوراتا ***B. glabrata***، وقد لوحظ أن أعداد

السركاريا التى تخرج من القوقع الواحد تكون حوالى ٥ ـ ٦ مرات من تلك التى تتكون فى عائلها الأصلى المتوطن بيومفلاريا الكسندرينا.

وتسبب شستوسوما مانسونى مرض بلهارسيا الأمعاء ويسبب بيضها قروحا فى جدار الأمعاء والخراريج وإسهالا دمويًا مصحوبا بألم.



شكل (٤-٧٢) *شستوسوما مانسونى*
Schistosoma mansoni

(أ) العائل المتوسط - قوقع بيومفلاريا ***Biomphalaria***.
(ب) البيضة بعد تكوينها وداخلها. الميراسيديوم وتتميز بشوكة جانبية.

الوشائع الكبدية LIVER FLUKES

فاشيولا جيكنتيكا *Fasciola gigantica*

طفيلى داخلى يعيش فى الكبد والقنوات والحويصلة الصفراوية حيث تتغذى على الصفراء وتصيب الحيوانات آكلة العشب مثل الغنم والبقر والماشية والخنازير والخيول وحتى الإنسان. وفى مصر ومعظم البلاد العربية يكون النوع الشائع هو فاشيولا جيكنتيكا، وهو فى شكله الخارجى وتاريخ حياته يختلف عن فاشيولا هيباتيكا ***F. hepatica*** الذى يصيب الإنسان. ولكن لُوحظ فى السنوات الأخيرة أن نوع فاشيولا جيكنتيكا ينتقل للإنسان ويسبب له أمراضا خطيرة. إذ تتلف الكبد مما يؤدى إلى مرض تعفن الكبد فى الماشية. أما فى الإنسان فتؤدى العدوى بالفاشيولا إلى أورام الكبد والأنيميا والإسهال. وقد قُدر عدد المصابين بالدودة الكبدية فى مصر ما يربو على٨٣ ألف حالة، والمعرضين للإصابة للمرض ٢٧ مليون نسمة، وعلى مستوى العالم ٤,٢ مليون مصاب والمعرضين للإصابة ١٨٠ مليون نسمة.

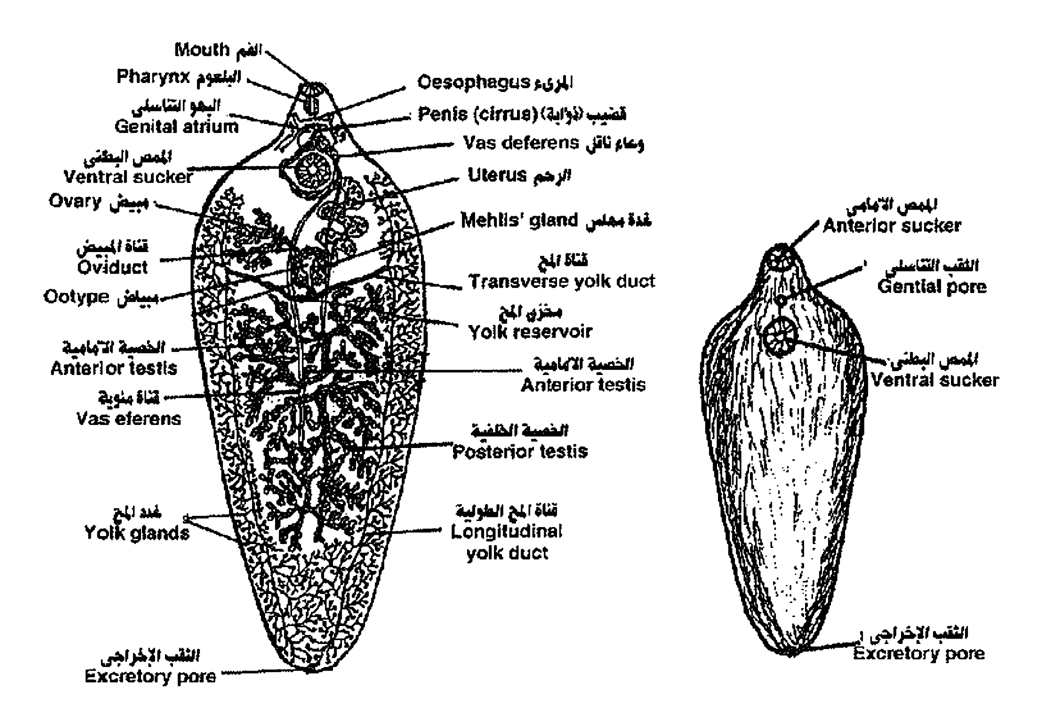
الصفات الخارجية

الدودة بيضاوية الشكل يصل طولها في حالة فاشيولا چيكنتيكا ٣ ـ ٨ سم وعرضها ٦,١ سم، أما فاشيولا هيباتيكا فهى أصغر إذ يتراوح طولها من ٢ ـ ٤ سم، والعرض ٦,٠ ـ ٣,١ سم. ويبرز من مقدمة الدودة مخروط رأسى يوجد فى منتصفه ممص أمامى وهو الممص الفمى الذى يحيط بالفم. أما الممص البطنى فكبير ويوجد بين المخروط الفمى والجسم (شكل ٤ ـ ٧٣) وكلا الممصين يستخدمان فى الالتصاق بالعائل. أما الثقب التناسلى فيقع على السطح البطنى أمام الممص الأمامى. ويوجد الثقب الإخراجى فى نهاية الجسم.

الجهاز التناسلى

للفاشيولا جهاز تناسلى معقد، والديدان خناث وهو تكيف لإنتاج كميات هائلة من البيض لاستمرار تاريخ حياة الطفيلى. ويتكون **الجهاز التناسلى الذكرى** (شكل ٤ ـ ٧٤) من خصيتين تقع الواحدة خلف الأخرى، ويشغلان تقريبًا الثلث الأوسط من جسم الدودة، وتتحد القناتان المنويتان ليكونا وعاء ناقلاً يقع فى مستوى الممص البطنى والذى يتصل بالحويصلة المنوية ويخرج منها أنبوبة ملتوية ضيقة هى القناة القاذفة **ejaculatory duct**. وهذه بدورها تستقبل إفراز غدة البروستاتا الصغيرة ثم تمتد خلال عضو تسافد عضلى ـ ذؤابة **cirrus** يعمل على نقل الحيوانات المنوية. وتحاط الذؤابة والقناة القاذفة وغدة البروستاتا بغمد أو كيس الذؤابة **cirrus sac** وتفتح الذؤابة فى البهو التناسلى **genital atrium** بالفتحة التناسلية الذكرية. وتبرز الذؤابة (القضيب) فقط خلال عملية التسافد، ولكن فى الأوقات الأخرى تفتح فى البهو التناسلى وتوجد داخل كيس الذؤابة.

ويتركب **الجهاز التناسلى الأنثوى** (شكل ٤ ـ ٧٤) من مبيض واحد متفرع يقع فى الثلث الأول من الجسم أمام الخصيتين، وتخرج منها قناة مبيض قصيرة تحمل البيض إلى المبياض **ootype** والذى تحيط به غدة مهلس **Mehlis' gland** والغدة القشرية. ويفتح فى المبياض قناة قصيرة هى القناة المحية التى تحمل المح اللازم لتكوين نمو البيضة. وتنتشر الغدد المحية على جانبى الجسم بين تفرعات القناة الهضمية. ويتجمع المح فى كل جانب فى قناة محية طولية، تخرج من كل منها قناة محية مستعرضة تصبان فى مخزن المح المثلثى الشكل الذى تخرج منه قناة محية واحدة تفتح فى المبياض (شكل ٤ ـ ٧٥). ويخرج من نقطة الاتصال قناة رأسية هى قناة لورر ـ ستيده **Laurer& Stiede's canal**، والتى تفتح على السطح الظهرى للدودة. ويعتقد أن وظيفة هذه القناة هو



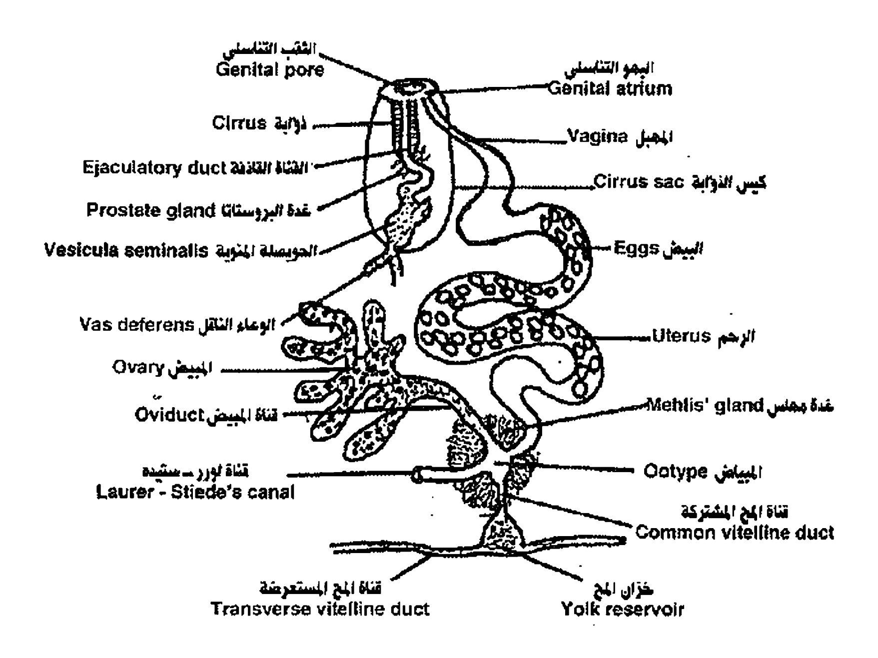
شكل (٤-٧٤) *الجهاز التناسلى للدودة الكبدية فاشيولا جيكانتيكا*

شكل (٤-٧٣) *الشكل العام للدودة الكبدية منظر بطنى لدودة فاشيولا جيكنتيكا*

خـروج الفائض من الحـيوانات المنوية، أو فى مـرور الحـيوانات المنوية، وبذلك تعـمل كمهبل أو قناة تسـافد، أو حتى فى مرور البيض. وغدد مهلس هى غـدد وحيدة الخلية تفرز إفرازات تُسهل مرور البيض فى الرحم وتزيد من صلابته. ويخرج من المبياض قناة ملتوية هى الرحم الذى يفتح فى البهو التناسلى بالفتحـة التناسلية الأنثوية ويُعتبر المبياض هو المكان الذى تـتجمع فيـه كل أجزاء البيـضة حـتى تمام تكوينها وإحاطتـها بالقـشرة الخارجية.

تاريخ الحياة (شكل ٤ ـ ٧٦)

يحـدث التزاوج بين دودتين (إخـصاب خلـطى) حيث تمر ذؤابة (قـضيب) أحـد الديدان فى رحم الدودة الأخـرى، أو فى قناة لورر ـ ستـيده. ومع ذلك فـقد يـحدث إخصاب ذاتى حيث تَنتقل الحيوانات المنوية لإحـدى الديدان إلى الفتحة التناسلية الأنثوية لنفس الدودة ومنها إلى الرحم، وفى كلـتا الحالتين يُخصب البـيض فى قناة المبيض ومنه



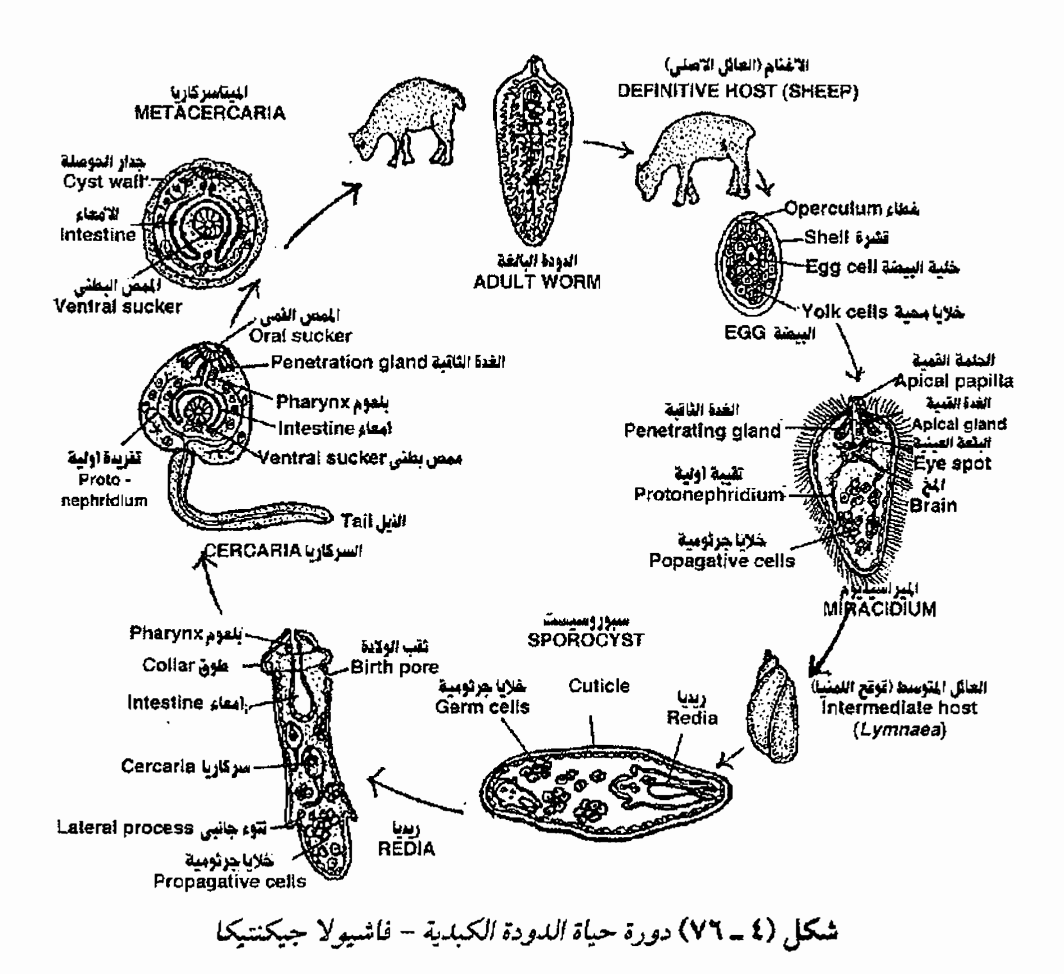
شكل (٤-٧٥) رسم تخطيطى يبين القنوات التناسلية للدودة الكبدية

إلى المبيــاض حيث تُحاط بالمح والقــشرة. ثم يمر البيض كــامل النضج إلى الرحم حيث يبدأ النمــو، إذ تتكسر الخلايا المحيــة لتكون كتلا مغــذية، أما البيضــة المخصبة فــتنقسم لتعطى نوعان من الخلايا: الخلايا الجسدية التى تتكون منها اليرقة الأولى ـ الميراسيديوم، وخلايا جــرثوميــة ـ نبتــية **propagative cells** المسئــولة عن تكوين أجيــال تالية من اليرقــات. وبيض الدودة الكبــدية بيضــاوى الشكل (حوالى ١٤٠ مــيكرونا فى الطول) ويكون مزودا بغطاء صغير **operculum** يُستخدم كمخرج لليرقة ومن الجدير بالذكر أن الدودة الكبدية الناضجة قد تضع حوالى ٢٥ ألف بيضة يوميا.

وبمجــرد نزول البيض مع البــراز فى الماء يبدأ تكوين الميــراسيــديوم تحت الظروف المناسبة من درجة حرارة (٢٢ ـ ٢٥°م) ووجود كمية كافية من الأكسجين وأس أيدروچينى مناسب (حوالى ٦,٥ pH). وبعــد فتــرة تتوقف على درجــة الحرارة (٢ ـ ٥ أســابيع) تفقس البيضة عن يرقة صغيرة محاطة بأهداب ـ هى الميراسيديوم والذى يشق طريقه عبر غطاء البــيضة وذلك بمســاعدة إنزيمات هاضــمة للبــروتين والتى تعمل على تــآكل الجزء الأســفل للغطاء وبذلك ينطلق الميــراسيديوم فى الماء. وهو مــخــروطى الشكل محــاط

بأهداب تساعده على السباحة ومزود بحلمة قمية **apical papilla** صغيرة فى الجزء الأعلى الأمامى وتفتح فى قمتها الغدة القمية. وتوجد على جانبى الغدة القمية غدد صغيرة ثاقبة. ويوجد فى الجزء الأمامى مخ يرقى وزوج من البقع العينية. ويوجد على جانبى الجسم نفريدة أولية مزودة بخليتين لهبيتين. ويحتوى الجزء الخلفى من الميراسيديوم على كتل من الخلايا الجرثومية.

والميراسيديوم طور غير مغتذى يسبح فى الماء أو على الفيلم السطحى للماء، ولكنه يموت بعد ٨ ـ ٢٤ ساعة إذا لم يجد عائله المتوسط وهو قوقع من الرخويات الرئوية ليمنيا ترانكتيولا (شكل ٤ ـ ٧٦) ***Lymnaea truncatula*** فى حالة فاشيولا هيباتيكا أو ليمنيا ناتلنسس ***L. natalensis*** ـ الاسم المرادف لها هو ليمنيا كايودى ***L. cailliaudi*** فى حالة فاشيولا جيكنتيكا وهى قواقع شائعة فى المياه العذبة والمراعى.



شكل (٤ ـ ٧٦) *دورة حياة الدودة الكبدية – فاشيولا جيكنتيكا*

اليرقة فى القوقع: عندما يجد الميراسيديوم العائل المتوسط يلتصق بجسمه بواسطة الحلمة القمية وبواسطة الغدة الثاقبة يخترق أنسجته، ومنها يجد طريقه إلى الفجوات الدموية الكبيرة للقوقع وسقف الفجوة التنفسية، وهناك يفقد الميراسيديوم الأهداب ويتحول إلى كيس مستطيل يُحاط بطبقة رقيقة من الكيوتين ويحتوى بداخله على خلايا جرثومية وخلايا ميرانشيمية ويُطلق على هذا الطور الحوصلة الجرثومية ـ الكيس الجرثومى **sporocyst** والتى تنمو لتكون حوصلات جرثومية أخرى (أبناء) وهذه بدورها تكون نوعًا آخر من اليرقات هى الريديا **redia** ـ الطور اليرقى الثالث ـ والتى تحتوى بداخلها على خلايا جرثومية والتى ينْتج عن انقسامها جيل ثانى من الريديات (إذا كان الفصل صيفا) أو إلى الطور اليرقى الرابع وهو السركاريا. والريديا مستطيلة ومزودة بفم وبلعوم وأمعاء بسيطة وثقب ولادة وكذلك رقبة أمامية وزوج من النتوءات العضلية بالقرب من النهاية الخلفية، وتحتوى الريديات بداخلها على كرات جرثومية والتى فى الصيف تعطى جيلا من الريديات. والتى تُكون فى الشتاء السركاريا، وتنطلق السركاريا التى تتكون من ريديات الجيل الأول أو الجيل الثانى وتخرج من ثقب الولادة، ومنها تهاجر خلال أنسجة القوقع إلى الغرفة الرئوية أو الغدة الهضمية ومنها إلى خارج القوقع، وتستغرق فترة تكوين السركاريا منذ دخول الميراسيديوم جسم القوقع من ٥ إلى ٦ أسابيع طبقا لدرجة الحرارة. ويمكن للميراسيديوم الواحد أن يُعطى ما يربو على ١٥٠٠ من السركاريا.

السركاريا: تتميز بجسم بيضاوى وذيل طويل غير مشقوق. وممص فمى أمامى يحيط بالفم وممص بطنى كبير وبلعوم ماص يؤدى إلى مرىء قصير وأمعاء ذات فرعين، إضافة إلى آثار معظم الأعضاء الداخلية وهى الأعضاء التناسلية (شكل ٤ ـ ٧٦)، إضافة إلى ذلك، يوجد زوج من الأنيبوبات الإخراجية المزودة بعدد من الخلايا اللهبية (وهى النفريدة الأولية **protonephridium**). وتسقط البشرة ويحل محلها إهاب **tegument** يوجد تحته عضلات وخلايا حويصلية. ويُمثل الجهاز التناسلى للدودة البالغة بالخلايا الجرثومية.

وتسبح السركاريا فى الماء لعدة أسابيع بواسطة الذيل وبعدها تتحوصل بعد فقدها للذيل وتحاط بقشرة كيتينية تقوم بإفرازها غدد حويصلية. وقد تتم عملية التحوصل فى الماء أو تلتصق السركاريا على أوراق النباتات المائية ـ التى تتغذى عليها العائل الأصلى ـ ثم تتحوصل. وفى كلتا الحالتين تتحول إلى الميتاسركاريا **metacercaria** وهو الطور

المعدى. ويمكن أن تتحمل الظروف المختلفة، وقد تعيش الميتاسركاريا على النباتات لعدة أسابيع مادامت لم تتعرض لضوء الشمس المباشر أو الجفاف الكلى. كما أن الميتاسركاريا تلتصق بشدة بالنباتات مما يصعب خلعها.

وعندما يبتلع العائل الأصلى الميتاسركاريا المتحوصلة سواء من خلال ماء الشرب أو أكل النباتات الحاملة للسركاريا، تذوب الحويصلة بفعل إنزيمات الأمعاء الهاضمة، وتنطلق الديدان الصغيرة التى تشق طريقها خلال جدار الأمعاء ثم تهاجر إلى التجويف الجسمى.

وبعد أن تتجول فى تجويف الجسم لمدة ٣ ـ ٥ أيام تدخل الكبد باختراق محفظته مما يسبب تلفا خطيرا لنسيج الكبد وأحيانا بعض النزيف فى تجويف الجسم. وقد تدخل الديدان الصغيرة إلى القنوات الصفراوية مباشرة من الأمعاء الدقيقة أو خلال الدورة الدموية. وبعد أن تتغذى الديدان الصغيرة على الدم وأنسجة الكبد، تدخل إلى القنوات الصفراوية حيث تلتصق بممصاتها. وتصل إلى طور النضج الجنسى من ٢ إلى ٣ أشهر.

وقد كان هناك اعتقاداً أن العائل الأصلى لفاشيولا جيكانتيكا هى الأغنام والماشية ولكن اتضح أن الإنسان إذا أكل الخضروات (مثل الجرجير والفجل والخس وغيرها من النباتات) غير المغسولة جيداً أو شرب الماء الذى يحتوى على الميتاسركاريا ـ لهذا النوع وهو الطور المعدى ـ فإنها تكمل دورتها داخل جسم الإنسان حتى تصل إلى الكبد والقنوات المرارية حيث تسبب تلفًا لأنسجة الكبد وأورامًا وأنيميا حادة وإسهالا.

ومن الجدير بالذكر أن الإنسان قد يُصاب بالديدان مباشرة عند أكله الكبد المصاب دون طبخه ـ وهى عادة منتشرة فى السودان ولبنان ويطلق عليها «مرارة» ـ وبذلك يبتلع الإنسان الديدان الكاملة التى تلتصق بالغشاء المخاطى للبلعوم أو الحنجرة أو المزمار **glottis** أو حتى التجاويف الأنفية حيث يسبب التهابات خطيرة وصعوبة فى التنفس ويطلق على هذه الأعراض «الهالزون **halzun**».

مقاومة وباثولوجيا تعفن الكبد

تسبب الديدان الكبدية أمراضًا خطيرة للحيوان والإنسان، وذلك بسبب التهيج الذى تسببه الديدان للأنسجة بسبب الأشواك الجليدية. والحيوانات المصابة بالديدان تصبح ضعيفة، وتفقد الوزن، مع إحداث أضرار بالكبد والتأثير على وظائفه، مع قلة إدرار اللبن والقدرة على التكاثر. ويرجع ذلك إلى التلف الخطير الذى يصيب الكبد إضافة إلى التوكسينات التى تفرزها الديدان. وإذا كانت الإصابة شديدة قد يؤدى ذلك إلى نفوق الحيوانات.

ولمقاومة المرض يجب اتخاذ الاحتياطات الآتية:

١ ـ معالجة الحيوانات المصابة باستخدام العقاقير الحديثة التى تقضى على الديدان، وقد لوحظ أن الأدوية البيطرية التى تُستخدم لمعالجة الماشية المصابة لها تأثير إيجابى على الأشخاص المصابين بالفاشيولا.

٢ ـ امتناع الأشخاص من أكل الخضروات إلا بعد غسلها جيداً واستخدام المطهرات اللازمة لقتل السركاريا مثل الخل وغيره، وكذلك عدم شرب الماء قبل غليه.

٣ ـ القضاء على العائل المتوسط وذلك بتصفية المراعى حيث تعيش القواقع، وكذلك استخدام المقاومة البيولوچية فى القضاء على القواقع.

٤ ـ معالجة الحيوانات والأشخاص المصابين، وعدم قضاء الحاجة فى الترع والمصارف واستخدام المياه النظيفة للشرب.

العلاقة بين العائل والطفيلى

١ ـ تأثير الطفيلى على العائل الأصلى: تؤثر الديدان الكبدية على العائل الأصلى سواء الحيوانات أو الإنسان بطرق عديدة منها:

أ ـ خلال هجرة الديدان الصغيرة داخل العائل الأصلى من جدار الأمعاء إلى الكبد، فإنها تسبب نزيفًا فى الجدار المعوى ومحفظة الكبد.

ب ـ يؤدى وجود الديدان وبيضها فى الكبد إلى رد فعل من قبل الأنسجة، التى تتحول إلى أنسجة ليفية تحل محل أنسجة الكبد (تليف الكبد).

جـ ـ وجود الديدان بأعداد كبيرة فى القنوات الصفراوية قد تسد تلك القنوات وتؤدى إلى مرض الصفراء. مع وجود اضطرابات فى العملية الهضمية للعائل.

د ـ تظهر أعراض الأنيميا على الحيوانات المصابة والإنسان بسبب المواد الإخراجية السامة للديدان والتى قد تؤثر على أعضاء تكوين الدم.

٢- تأثير الطفيلى على العائل المتوسط: قد ينتج عن عدوى العائل المتوسط بمراسيديوم واحد مئات بل آلاف من الأطوار اليرقية التى تنتشر فى أنسجة القوقع. وذلك يؤثر على حيوية القوقع؛ نظرًا للمتطلبات الكبيرة من الغذاء من قبل الأطوار اليرقية، لذلك يكون عمر القوقع أقصر وتقل قدرته التكاثرية مقارنة بالقواقع غير المصابة.

وشائع الأمعاء INTESTINAL FLUKES

هتروفس هتروفس *Heterophyes heterophyes*

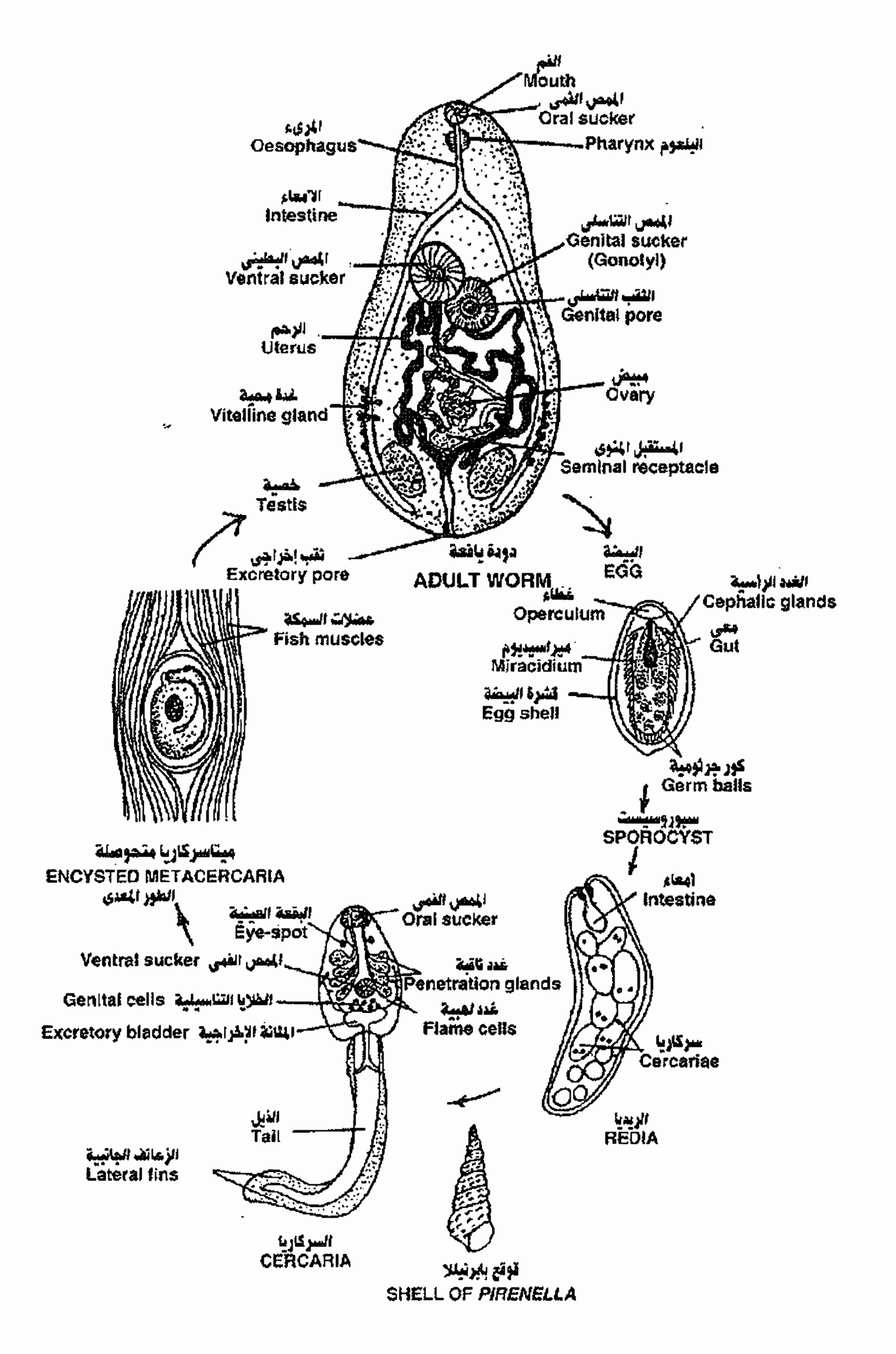
الهتـروفس من أصغر الديدان التي تتطفل على الإنسـان، إذ يبلغ طولها من ١ ـ ١,٥ مم وعرضها ٠,٣ ـ ٠,٦ مم. وهى تعيش فى أمعاء الإنسان وتسبب مرضًا شائعًا فى شمال مصر وفلسطين واليابان وغيرها من الدول. وقد وُجد أن العدوى بالطفيلى فى مناطق بحـيرة المنزلة وبورسـعيـد بمصر تصل إلى ٨٨٪ بين الأطفـال. كمـا أن الكلاب والقطط والثعالب وغيرها من الثدييات والطيور المفـترسة آكلة الأسماك قد تكون مصدراً للعدوى. وقد اُكْتُـشفت لأول مرة فى مصر بواسطة العالم الألمانـى ثيودور بلهارس عام ١٨٥١، ولكن كان العالم المصـرى د. خليل عبد الخالق هو الذى اكتشف دورة حـياتها عام ١٩٣٣. وقـد وُجد أن الإصابة الشـديدة بديدان الهتروفس تؤدى إلى الإسـهال مع وجود مخاط ودم، وضعف عام وفقد فـى الوزن وقد يدخل طفيلى الهتروفس فى خبايا الغشاء المخاطى للأمعاء الدقيقة مما يؤدى إلى تهيجـات موضعية مصحوبة بتكوين كميات كبـيرة من المخاط. وقـد يمر بعض البيض خلال الجـهاز الليـمفاوى للإنسـان ومنها إلى الدورة الدموية فـالقلب حيث تؤدى إلى ضعـف وهبوط فى القلب، كذلك قـد يُحمل البـيض للمخ حـيث يسـبب النزيف المخـى، ويُطْلَق عليـه مـرض الهتـروفس **heterophyasis**.

الشكل الخارجى والتركيب الداخلى (شكل ٤ – ٧٧)

الجسم كمثرى الشكل مزود بثلاثة ممصات: ممص فمى تحت أمامى، وممص بطني كبـير بالإضافـة إلى الممص التناسلى **gonotyl** الذى يحيط بالشـقب التناسلى. ويوجد مبـيض واحد مـتوسط يؤدى إلى رحم ملتف، أمـا غدد المح فتـوجد فى الجـزء الجانبى الخلفى.

تاريخ الحياة (شكل ٤ – ٧٧)

يعتـبر بيض طفـيلى الهتـروفس من أصغـر بيض التريمانودا المـعوية (٣٠ × ١٧ ميكرونا)، والبيض بيضاوى قنينى الشكل ذات لون بنى مائل للصفرة محاط بقشرة ثنائية الطبقات ومزودة بغطاء، ويخرج البيض الذى يحتوى على ميراسيديوم كامل التكوين مع البـراز ومنه للماء. ولا يـفـقس الميراسـيـديوم من البـيضـة ـ كـما فى مـعظم الديدان المفلطحة الأخـرى ـ ولكنه يبقى داخل البـيضـة حتى يبتلعـه العائل المتـوسط وهو قوقع



شكل (٤-٧٧) دور حياة طفيلى *الهتروفس*

Heterophyes heterophyes

بايرنيللا كونيكا *Pirenella conica* المنتشر فى المياه قليلة الملوحة وهو نوع شائع فى كل البحيرات الشمالية فى مصر وفى كثير من البلاد. ويتميز القوقع بأنه مستطيل ذات فتحة يمينية، وعند دخول البيضة جسم القوقع ينطلق الميراسيديوم وينمو ليكون كيسا جرثوميا وجيلا أو جيلين من الريديات. وتتكون داخل الريديا السركاريا المزودة بذيل عريض وممص فمى، وبقعتين عينيتين، ثم تخرج السركاريا من القوقع إلى الماء لتبحث عن العائل الثانى وهو من الأسماك التى تعيش فى المياه قليلة الملوحة مثل البورى بأنواعه، وسمك البلطى والجامبوزيا وغيرها من الأنواع. ويمكن للسركاريا أن تعيش فى الماء لمدة أقصاها ٦٠ ساعة تموت بعدها إذا لم تعثر على عائلها الثانى من الأسماك. وبمجرد أن تلامس السركاريا جسم السمكة فإنها تخترق الجلد وتتحوصل داخل عضلاتها وغيرها من الأنسجة. والسركاريا المتحوصلة هى الطور المعدى. فإذا أكل الإنسان الأسماك المصابة بالحويصلات إما نيئة أو غير مطبوخة جيداً (مثل عند الشوى) أو غير مملحة جيداً (كما فى الفسيخ وغيره من الأسماك المملحة) تذوب الحويصلات فى الأمعاء وتنطلق الديدان وتنمو لتصل إلى طور النضج.

وللوقاية من العدوى بديدان الهتروفس يجب عدم أكل الأسماك النيئة أو غير المطبوخة جيداً. كما يُوصى بأكل الأسماك المملحة جيداً ومضى على تمليحها ما لا يقل عن عشرة أيام.

طائفة السستودا CESTODA

الديدان الشريطية Tapeworms

الديدان الشريطية كلها طفيليات داخلية (حوالى ٥٠٠٠ نوع) تعيش داخل أمعاء الإنسان وجميع مجاميع الفقاريات الأخرى. ويتميز الجسم برُوَيْس **scolex** يوجد فى الطرف الأمامى وعادة يكون منبسطا ويحتوى على عضيات للالتصاق أو التعلق مثل الممصات أو أعضاء شبيهة بالممصات، إضافة إلى خطاطيف أو لوامس شوكية. ويلى الرؤيس العنق وهو غير مقسم إلى عقل وهى منطقة نمو تتكون منها القطع الجديدة للجسم. أما الجسم (المتخرطة **strobilia**) فشريطى وطويل ويتكون من عدد كبير من القطع أو العقل، ويتراوح طوله من بضع مليمترات إلى ١٠ ـ ٢٠ متراً، ويتراوح عدد العقل من ٤ إلى ٤٠٠٠ عقلة أو أسلة **proglottid**، وهى تتكون من منطقة تكاثرية توجد أسفل العنق. وبعد نضج الأسلات جنسيا فإنها تنفصل بالانشطار المستعرض. وللسستودا صفات فريدة، حيث وصلت درجة التأقلم لحياة التطفل إلى درجة عالية من التقدم وأهم صفاتها الآتى:

١ ـ عدم وجود جليد، ويغطى الجسم إهاب **tegument** بروتيبلازمى حى، يحتوى على الميتوكوندريا ونتوءات سيتوبلازمية لخلايا الإهاب التحتية الغائصة تحت طبقة العضلات السطحية. ويتميز إهاب السستودا بميزة فريدة وهى الشعيرات الدقيقة **microtriches** (شكل ٤ ـ ٦٤جـ) التى تبدو أنها تزيد من مساحة سطح الإهاب، ويُعتبر هذا تكيفًا حيويا لمثل هذه الطفيليات التى تخلو من القناة الهضمية وعليها أن تمتص كل غذائها من خلال الإهاب.

كما يحتوى الإهاب على قنوات ثقبية. ويُعتقد أن الإفرازات بين الخلوية تعمل كإنزيم مضاد لمعادلة الإنزيمات الهضمية للعائل. ويلى الإهاب غشاء قاعدى تليه طبقة عضلية تتكون من خلايا غير مخططة فى طبقتين الخارجية دائرية والداخلية طولية، كما توجد عضلات ظهرية بطنية تصل بين السطحين الظهرى والبطنى كما توجد عضلات ميزنشيمية داخلية تتكون من ألياف عضلية خارجية وأخرى داخلية، وقد تكون هذه الطبقة إما ضعيفة التكوين أو لا توجد مطلقا على الجوانب. أما خلايا النسيج الحشوى (الميزنشيمية) فهى تملأ الفجوات بين الأعضاء الداخلية، إضافة لوظيفتها الدعامية. فهى مهمة كوسط ناقل سواء للمواد الغذائية أو الفضلات حيث تخلو الديدان الشريطية من جهاز دورى.

٢ ـ تخلو الديدان الشريطية من الجهاز الهضمى، ويمر الغذاء المهضوم خلال الإهاب عن طريق الارتشاف الخلوى **pinocytosis**، ويساعد ذلك على طول الجسم وتفلطحه. ومثل هذه الصفات تستلزم أن يعيش الطفيلى داخل القناة الهضمية الغنية بالغذاء المهضوم. فالطفيلى لا يعتمد فقط على الغذاء من العائل ولكن على هضم هذا الغذاء.

٣ ـ الأجهزة العصبية والإخراجية ضعيفة التكوين مثل غيرها من الطفيليات. فالدودة البالغة تعيش فى بيئة ثابتة لا تستلزم وجود أعضاء حس خاصة، ولكن لديها نهايات حرة حسية.

٤ ـ الجزء الأمامى من الجسم مهيأ للالتصاق بالغشاء المخاطى لأمعاء العائل عن طريق الممصات أو المصات والخطاطيف وفى بعض الأنواع يكون الرُّؤيس مزودًا بما يشبه الممصات **bothria**. كما أن الجسم يتكون من عدد كبير من الأسلات وتعتبر كل أسلة منها دودة كاملة فهى وحدة جنسية متكاملة تحتوى أعضاء التكاثر الذكرية والأنثوية، كما تحتوى أجزاء من الجهازين الإخراجى والعصبى. لذلك يمكن اعتبار الدودة الكاملة إما:

١ ـ مجموعة من الأفراد المنفصلة المتماسكة معا والمكونة مستحمرة.

٢ ـ أن الطفيلي هو حيوان يحتوى على عدد كبير من العقل.

والرأى الأخير هو الأكثر قبولا وترجيحًا، لذلك يُعْتبر الطفيلي دودة معقله، ولكن لا تُقْارن العقل بنفس العقل الموجودة فى الحيوانات ذات العقل الحقيقية مثل الحلقيات.

تينيارنكس ساجيناتوس *Taeniarhynchus saginatus*

دودة البقر الشريطية **Beef tapeworm**

طفيلي معوى شائع في مصر وفى كثير من بلاد العالم ويصل طول الدودة الناضجة من ٤ ـ ١٠ مترًا تعيش متطفلة في الأمعاء الدقيقة للإنسان وتسبب له أضرارًا فى الغشاء المخاطى، كما قد تسد الأمعاء. وتعيش الدودة البالغة لسنوات طويلة تصل إلى ٢٠ عامًا. ويؤدى وجودها إلى آلام فى البطن، وضعف عام، وفقد فى الوزن والشهية مع اضطرابات معوية والشعور بالجوع وشكوى عصبية وحكة، كما أنها قد تسبب نقصا فى ڤيتامينات الجسم.

التركيب

تلتصق الدودة بجدار الأمعاء الدقيقة برُؤَيس عضلى **scolex** مكعبى الشكل (يصل قطره حوالى ٢ مم) مزود بأربعة ممصات، ولكن لا يوجد بها أهلاب (شكل ٤ ـ ٧٨) ولا يعتبر الرؤيس، رأسًا بمعنى الكلمة لأنه غير متخصص فى الحصول على الطعام. ويتصل الرؤيس بجسم الدودة المعقل (المتخرطة) بواسطة عنق ضيق ينمو باستمرار بعملية تبرعم، وتتكون أسلات بعملية الانشطار الأفقى أو التبرعم اللاجنسى. ويتكون الجسم من عدد كبير من الأسلات التى قد تبلغ ٤٠٠٠ أسلة تكون أصغرها هى التالية للعنق (شكل ٤ ـ ٧٨)، أما أكبرها فتوجد فى الطرف الخلفى. على نقيض الحلقيات والفقاريات حيث توجد العقل الكبيرة فى السن فى النهاية الأمامية. وتكون الأسلة الصغيرة غير الناضجة أعرض منها من الطول وتحتوى على آثار من الأعضاء المختلفة، وكلما زادت الأسلة فى العمر تصبح مربعة الشكل وتوجد عند منتصف الدودة تقريبًا. وبالقرب من النهاية الخلفية تكون الأسلات أطول منها عن العرض (العرض ٤ ـ ٨ مم، الطول ٢٠مم) شكل (٤ ـ ٧٨أ). ويلاحظ أن الأعضاء الجنسية تتكون بالتدريج فتظهر الأعضاء التناسلية الذكرية قبل الأعضاء الأنثوية. وتكون الأسلات الموجودة فى مؤخر الحيوان أسلات مثقلة ـ حبلى **gravid** تحتوى على البيض المخصب داخل الرحم الذى يملأ كل الأسلة تقريبًا (شكل ٤ ـ ٧٨ب).

ولا يوجد للديدان الشريطية فم أو قناة هضمية، إذ يمر الغذاء المهضوم خلال الإهاب بعملية الانتشار النشط حيث يتوزع إلى جميع أجزاء الجسم خلال خلايا النسيج الحشوى (الميزنشيمى). أما المغذيات النتروچينية فتمتص خلال تلامس جسم الدودة مع الغشاء المخاطى للأمعاء الدقيقة. وتمتص الكربوهيدرات والڤيتامينات والسوائل من تجويف الأمعاء. وتعتمد الديدان على الحصول على الهرمونات الجنسية من عائلها. ويُختزن الغذاء على هيئة ليبيدات وجليكوچين.

الجهاز الإخراجى

يشبه الجهاز الإخراجى فى الدودة الشريطية نظيره فى الديدان المفلطحة، إذ إنه يتكون من وحدات هى الخلايا اللهبية والأنابيب الإخراجية. وتفتح الخلايا اللهبية فى قناتين طوليتين يمتدان واحدة على كل جانب، وتتحدان معًا فى منطقة الرُّوَيْس بواسطة حلقة، وبواسطة قناة مستعرضة فى الجزء الخلفى من كل أسلة (شكل ٤ ـ ٧٩). وتفتح القناتان الإخراجيتان بواسطة ثقب متوسط فى الأسلة الأخيرة، وعندما تنفصل الأسلة الأخيرة تفتح كل أنبوبة بثقب مستقل.

والقنوات الإخراجية غير مبطنة بخلايا هدبية ولكن بطبقة كيتينية، وبواسطة حركة الأهداب فى الخلايا اللهبيه تُطرد نواتج الأيض وكذلك السوائل الزائدة عبر القنوات الإخراجية. ومن المعتقد أنه من أهم وظائف الجهاز الإخراجى هو أنه يعمل كمنظم أزموزى للسوائل داخل جسم الدودة.

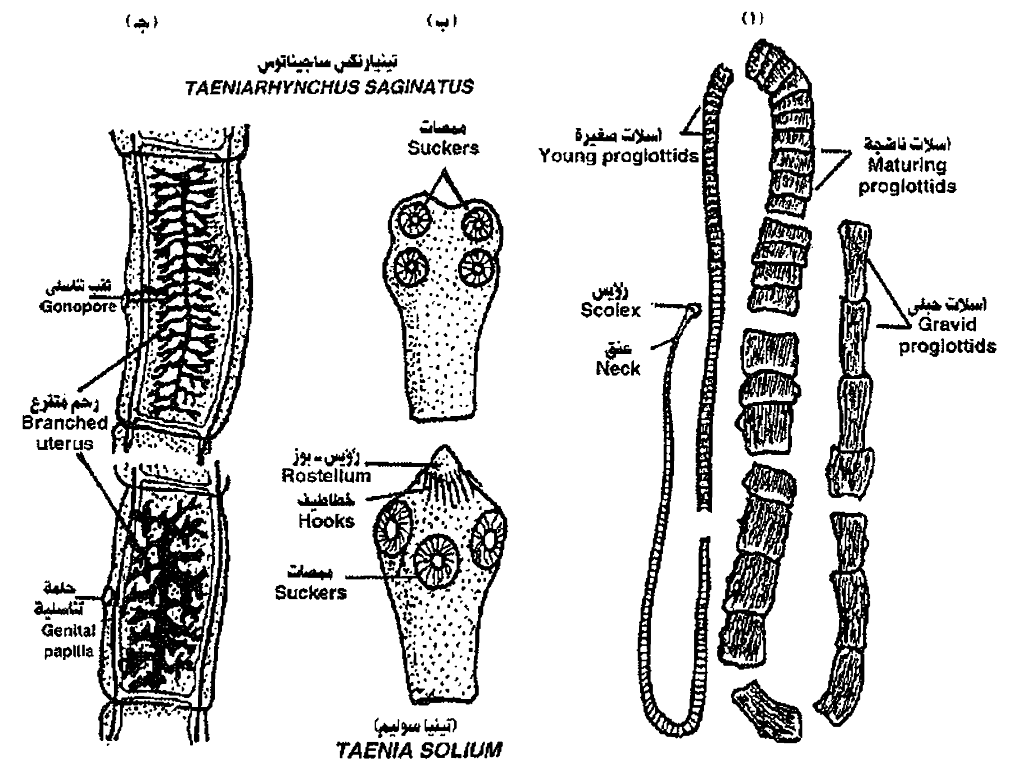
الجهاز التناسلى

تحتوى كل أسلة ناضجة على مجموعة كاملة من الأجهزة التناسلية الذكرية والأنثوية ويتكون **الجهاز التناسلى الذكرى** (شكل ٤ ـ ٧٩) من:

١ ـ الخصى وهى منتشرة فى كل أسلة فى النسيج الحشوى، ويتراوح عددها من ٣٠٠ ـ ٤٠٠ خصية، وعلى وجه الخصوص عند حواف الأسلة.

٢ ـ تُجمع الحيوانات المنوية بواسطة قنوات منوية دقيقة **vasa efferentia**، وتتحد القنوات المنوية لتكون وعاء (قناة) ناقلا **vas deferens** ملتويا يمتد بعرض الأسلة إلى البهو التناسلى، وينتهى بذؤابه عضلية (قضيب) ويحاط بكيس الذؤابة. وتفتح الذؤابة (القضيب) بالفتحة التناسلية الذكرية فى البهو التناسلى الفنجانى الشكل والذى يوجد عند حافة كل أسلة ويقع على حلمة منتفخة. ويفتح البهو التناسلى للخارج بالثقب التناسلى.

ويتركب الجهاز التناسلى الأنثوى (شكل ٤ ـ ٧٩، ٨٠) من:

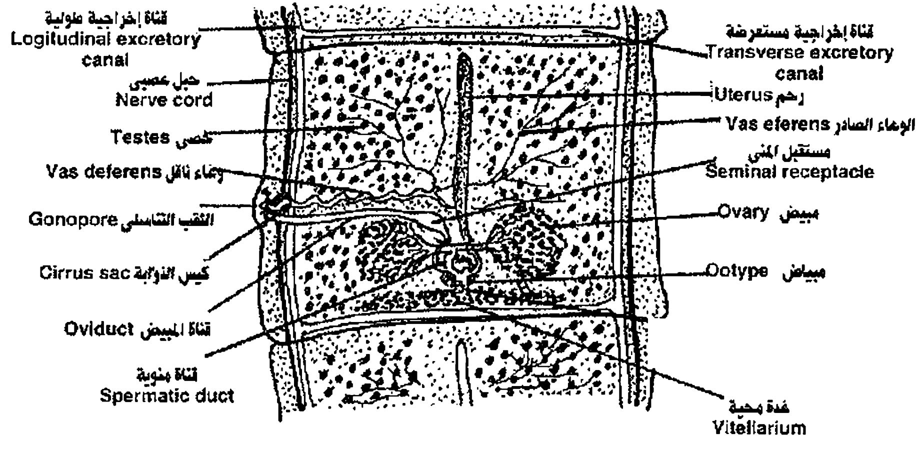


شكل (٤-٧٨) *الدودة الشريطية*

(أ) شكل عام للدودة يوضح المناطق المختلفة.

(ب) رسم توضيحى للرأس فى كل من تينيارنكس ساجيناتوس، وتينيا سوليم.

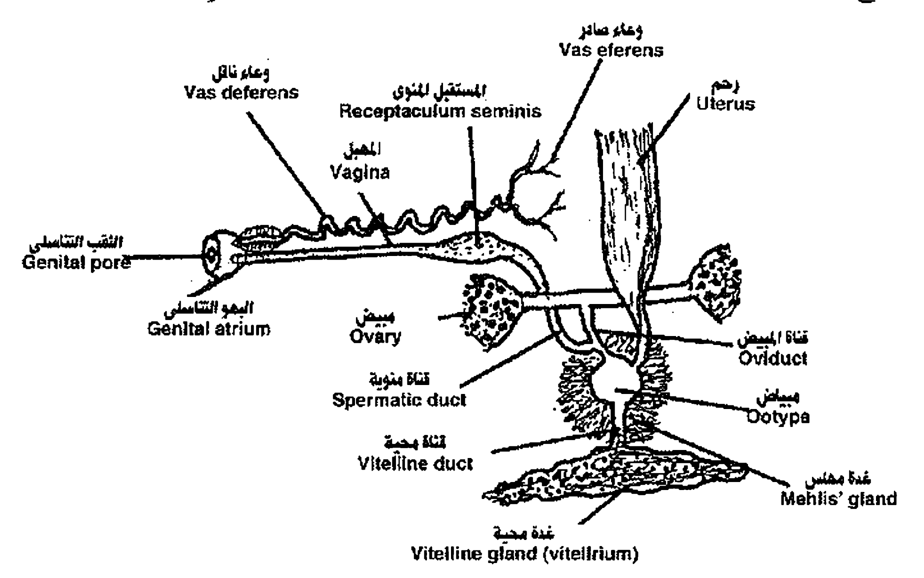
(جـ) الأسلة الحبلى فى كلا النوعين لتوضيح تفرع الرحم.



شكل (٤-٧٩) *أسلة ناضجة لدودة التينيا (تينيارنكس ساجيناتوس)*

أ ـ مبيض ثنائى الفصوص يوجد بالقرب من الحافة الخلفية للأسلة وتتحد الفصوص بواسطة قنطرة، تخرج منها قناة مبيض قصيرة تفتح فى المبياض المحاط بخلايا مهلس. وتفتح فى المبياض قناة محية تتصل بغدة المح التى توجد عند الحافة الخلفية للأسلة.

ب ـ يؤدى المبياض إلى رحم أسطوانى الشكل مقفل يمتد فى منتصف الأسلة، كما يخرج منه أنبوبة دقيقة هى المهبل الذى يمر بموازاة الوعاء الناقل، حيث يتسع ليكون مستقبل المنى. الذى يفتح فى البهو التناسلى، والذى بدوره يفتح للخارج بثقب تناسلى أنثوى يقع على حلمة تناسلية (شكل ٤ ـ ٧٨).

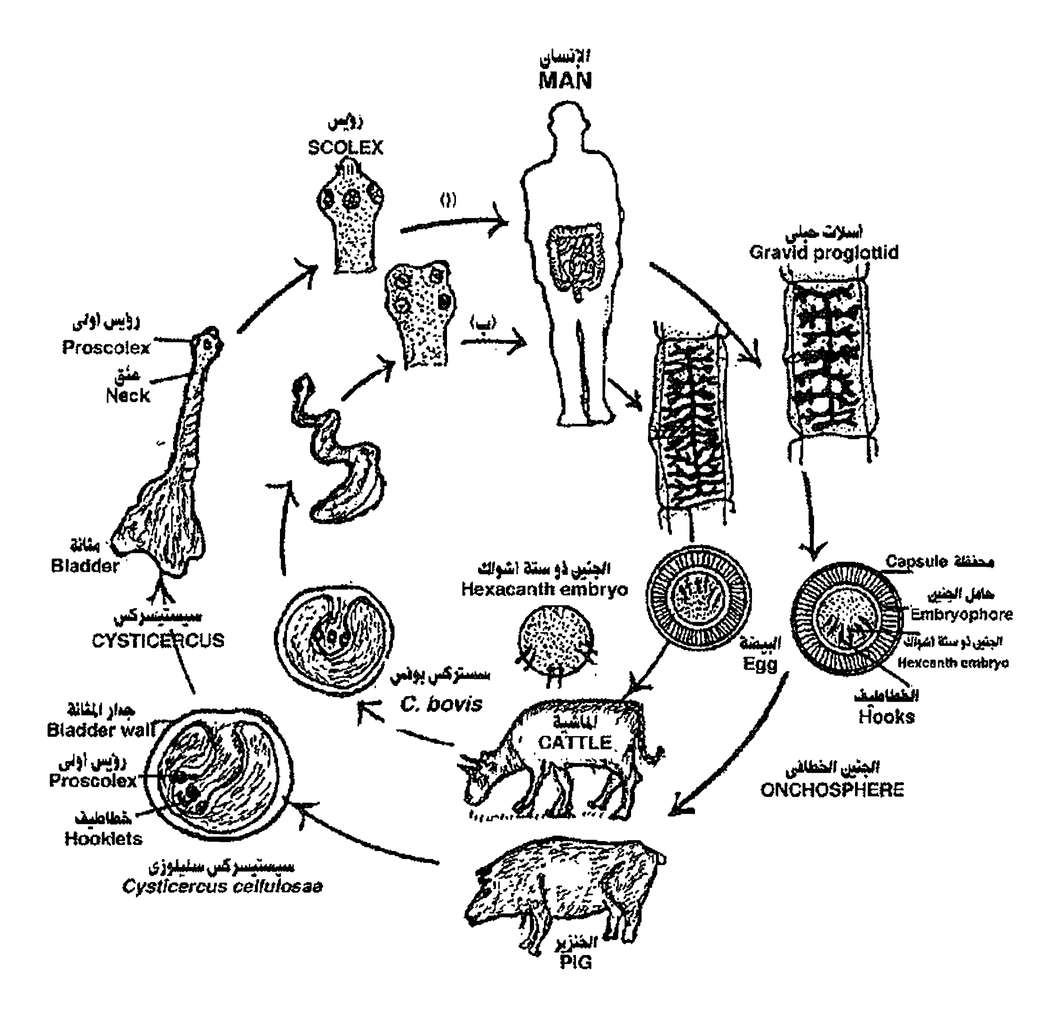


شكل (٤-٨٠) *رسم توضيحى للقنوات التناسلية فى طفيلى التينيا*

تاريخ الحياة (شكل ٤ - ٨١)

تتم عادة عملية إخصاب ذاتى إما فى نفس الأسلة أو فى الأسلات الطرفية بين أسلاتين متقابلتين من نفس الدودة. وفى حالات نادرة قد تحدث عملية إخصاب خلطى بين ديدان مختلفة موجودة فى نفس العائل. وخلال عملية الإخصاب تنقلب الذؤابة وتبرز للخارج وتخترق فتحة المهبل حيث تنقل الحيوانات المنوية التى تُختزن فى الحويصلة المنوية. وتتم عملية الإخصاب إما فى قناة المبيض أو المبياض، وتصبح البيضة كروية وتحاط بخلايا المح من الغدة المحية ثم تُحاط فى المبياض بغشاء داخلى رقيق أصله من الجهاز المحى وتضع الدودة الواحدة حوالى ٧٠٠ ألف بيضة يوميا. وينتقل البيض

إلى الرحم حيث ينمو مباشرة، ويفرز الجنين قشرة (صدفة) صلبة يطلق عليها حامل الجنين **embryophore** الذى يتكون من مادة كيتينية على شكل قضبان تعطيه مظهراً مخططاً، ثم يُحاط حامل الجنين بغشاء خارجي رقيق تفرزه غدة مهلس، وعادة يُفقد هذه الغشاء عند خروج البيضة. وبعد ذلك ينمو للجنين ستة خطاطيف **hooks** عند الجزء الخلفي ويُطْلَق عليه الجنين ذو ستة أشواك (خطاطيف) **hexcanth embryo**. ويُطْلَق على الجنين والمحفظة التى تحيط به، وهى حامل الجنين والأغطية الداخلية والخارجية واليرقة ذات ستة أشواك بالجنين الخطافى (الشوكى) **onchosphere**. ثم تزداد أعداد الأجنة الخطافية فى الرحم حتى تصل إلى حوالى ١٥٠ ألف فى كل أسلة، ثم تمر إلى الرحم الذي يزداد فى الحجم وتظهر له فروع جانبية (من ١٥ ـ ٢٠ وأحيانا ٣٠ فرعا فى كل جانب). حتى يملأ الأسلة تقريبًا على حساب الأعضاء التى تضمحل مع الوقت. وتُطْلَق على الأسلة في هذه الحالة بالأسلة الحُبْلَى (المُثْقَلَة) **gravid proglottid**. ثم تنفصل الأسلات الحبلى عند نهاية الدودة الواحدة بعد الأخرى وتخرج مع البراز، أو قد تزحف بالحركات العضلية النشطة خارجة من فتحة الشرج. ويمكن أن تزحف على الجلد وهى تُخْرِج سائلا لبنيًا يحتوى على الأجنة الخطافية. وتنفجر الأسلات الحُبْلى خارج الجسم (أو تتحلل) وتنطلق كميات هائلة من الأجنة الخطافية والتى سريعا ما تنتشر فى المناطق المحيطة حيث تلتصق بالنباتات والأعشاب التى تتغذى عليها الحيوانات. وعندما يأكل الحيوان ـ بقرة، جمل أو أى حيوان مجتر (وليس الإنسان) ـ النباتات التى توجد عليها الأجنة الخطافية، يُهْضم حامل الجنين فى المعدة وتخرج منه اليرقة ذات الستة خطاطيف، وباستخدام الأهلاب وغدد ثاقبة خاصة يثبت الجنين نفسه فى جدار الأمعاء ويخترقها حيث يُحْمل الجنين إما إلى الليمف أو الدم إلى البطين الأيمن ومنه إلى الرئتين ثم إلى الجزء الأيسر من القلب، ثم يحمله الدم خلال الدورة الجهازية إلى أجزاء الجسم المختلفة ومنها إلى العضلات وعلى وجه الخصوص عضلات اللسان والحجاب الحاجز والظهر والفكين والأطراف أو حتى العضلات القلبية أو الكبد أو المخ. ثم يفقد الجنين ذو الستة خطاطيف الأهلاب (التى كانت تساعده فى التثبيت فى الأعضاء المختلفة) ثم يزداد فى الحجم ويُكوّن يرقة مثانية مملوءة بسائل ويطلق عليها الدودة المثانية **bladder worm** (قطرها يتراوح من ٣ ـ ١٠ مم، ويكون حجمها كحجم حبة البسلة الكبيرة)، ثم يتغمد جدار الدودة المثانية فى أحد جوانبه وبذلك يكون رُؤَيّس (رأس) الدودة الأولى **protoscolex**. ويطلق على الدودة المثانية التى تغمدت رأسها إلى الداخل بدودة الماشية المثانية ***Cysticercus bovis*** (شكل ٤ ـ ٨٠) الذى يتراوح طولها من ٧,٥ - ٩ مم. ويمكنها أن تعيش فى عضلات البقرة لمدة ٨ أشهر.



شكل (٤-٨١) *دورة الحياة فى الديدان الشريطية*

(أ) تينيا سوليم.

(ب) تينيارنكس ساجيناتوس.

وعندما يأكل الإنسان تلك اللحوم المصابة نيئة أو غير مطهية جيداً مثل اللحوم الباردة أو المفرومة أو غير المشوية جيداً، فإنها تُحمل إلى المعدة حيث يذوب جدار الدودة المثانية بفعل العصير المعوى للعائل الأصلى، ثم تُحمل إلى الأمعاء الدقيقة حيث تنفرد الرأس وتثبت الدودة نفسها فى الغشاء المخاطى للأمعاء الدقيقة. ثم بعد ذلك تسقط المثانة وتُهضم. ويبدأ تكوين الأسلات من منطقة النمو الموجودة فى العنق خلف الرأس. وتتكون الدودة الناضجة خلال أسبوعين إلى ثلاثة.

تينيا سوليوم *Taenia solium*

دودة الخنزير الشريطية Pork tapeworm

يصيب هذا الطفيلي الإنسان ولكن يندر حدوثه في بلاد الشرق الأوسط لأن عائله المتوسط هو الخنزير، ويختلف عن دودة البقر الشريطية في الآتي:

١ ـ العائل المتوسط هو الخنزير حيث تتكون فيه الديدان المثانية التي يُطلق عليها الحويصلات المثانية سيستيسركس سليلوزي ***Cysticereus cellulosae*** (شكل ٤ ـ ٨١) دودة الخنزير المثانية.

٢ ـ الرُّوَيْس كروي مزود بأربعة ممصات وله بوز ـ قنة **rostellum** مخروطي الشكل مزود بصفين من الأهلاب وتكون الحلقة الداخلية من الأهلاب أكبر من تلك الموجودة في الحلقة الخارجية.

٣ ـ الدودة اليافعة أقصر من دودة البقر الشريطية حيث يتراوح طولها من ٣ ـ ٥ أمتار ونادراً ٧ أمتار، وعدد الأسلات أقل إذ يتراوح من ١٠٠ ـ ١٠٠٠ أسلة.

٤ ـ تتبادل الحلمات التناسلية على حواف الأسلات بانتظام؛ بين الحواف اليمنى واليسرى، أما في تينيارنكس ساجيناتوس فتبادل الحلمات غير منظم.

٥ ـ يحتوي الرحم في الأسلات الحُبْلَى على عدد أقل من التفرعات مما في تينيارنكس ساجيناتوس إذ يتراوح عدد التفرعات من ٥ ـ ١٠ على كل جانب، ويتفرع كل فرع إلى فريعات ثانوية (في تينيارنكس ساجيناتوس عدد التفرعات يتراوح من ٢٠ ـ ٣٠ فرعا جانبيا، والفروع الثانوية قليلة (شكل ٤ ـ ٧٨، ٨١).

٦ ـ تمر الأسلات الحبلى في مجاميع مع البراز من ٤ ـ ٦ أسلات في المرة الواحدة ونادرًا ما تكون وحيدة، وليست لها القدرة على الحركة الذاتية. وتضع الدودة الواحدة حوالي ٣٠٠ ألف بيضة يوميا.

٧ ـ أحيانا يصبح الإنسان العائل المتوسط حيث يُعْدى بالأجنة الخطافية **onchospheres**، وذلك عندما يأكل الإنسان طعاما يحتوي عليها أو بالعدوى الذاتية، حيث تُحْمل الأجنة الخطافية إلى الجزء الأعلى من الأمعاء بالحركة الدودية الانعكاسية، حيث يهاجر الجنين ذو الستة خطاطيف إلى أي جزء من أجزاء جسم الإنسان. وقد يهاجم أحد الأعضاء الحيوية كالكبد والقلب وحتى المخ والعضلات أو العين حيث تسبب مرضا خطيراً يعرف

بالإصابة بالدودة المثانية **cysticercosis** والذى قد يؤدى إلى الصرع أو العمى وغير ذلك من الاضطرابات العصبية.

٨ ـ تاريخ الحياة هو نفس تاريخ حياة تينيارنكس ساجيناتوس، ولكن العائل المتوسط هو الخنزير (شكل ٤ ـ ٨١).

مقاومة الديدان الشريطية

١ ـ يجب الكشف جيداً عن اللحوم فى المجازر والتخلص من اللحوم المصابة ويحظر تداولها للاستهلاك الآدمى.

٢ ـ يجب إزالة المراحيض أو نقر السماد العضوى التى قد تحتوى على الطور المعدى من المناطق القريبة من المراعى حتى لا ينتقل الطور المعدى إلى النباتات التى تتغذى عليها الأغنام والماشية والخنازير.

٣ ـ يجب تداول اللحوم بعناية وعلى وجه الخصوص لحوم الخنزير حيث هناك احتمال من التصاق الأجنة الخطافية بأيدى العمال ومنها إلى داخل الجسم والتعرض للإصابة بالدودة المثانية **cysticercosis**.

٤ ـ تجنب أكل اللحوم النيئة أو تلك التى لا تُطْهى جيدًا.

٥ ـ لُوحظ أن حفظ اللحوم بالتبريد لدرجات منخفضة أو بالتمليح يؤدى إلى قتل الديدان المثانية.

أيكينوكوكس جرانيولوزس *Echinococcus granulosus*

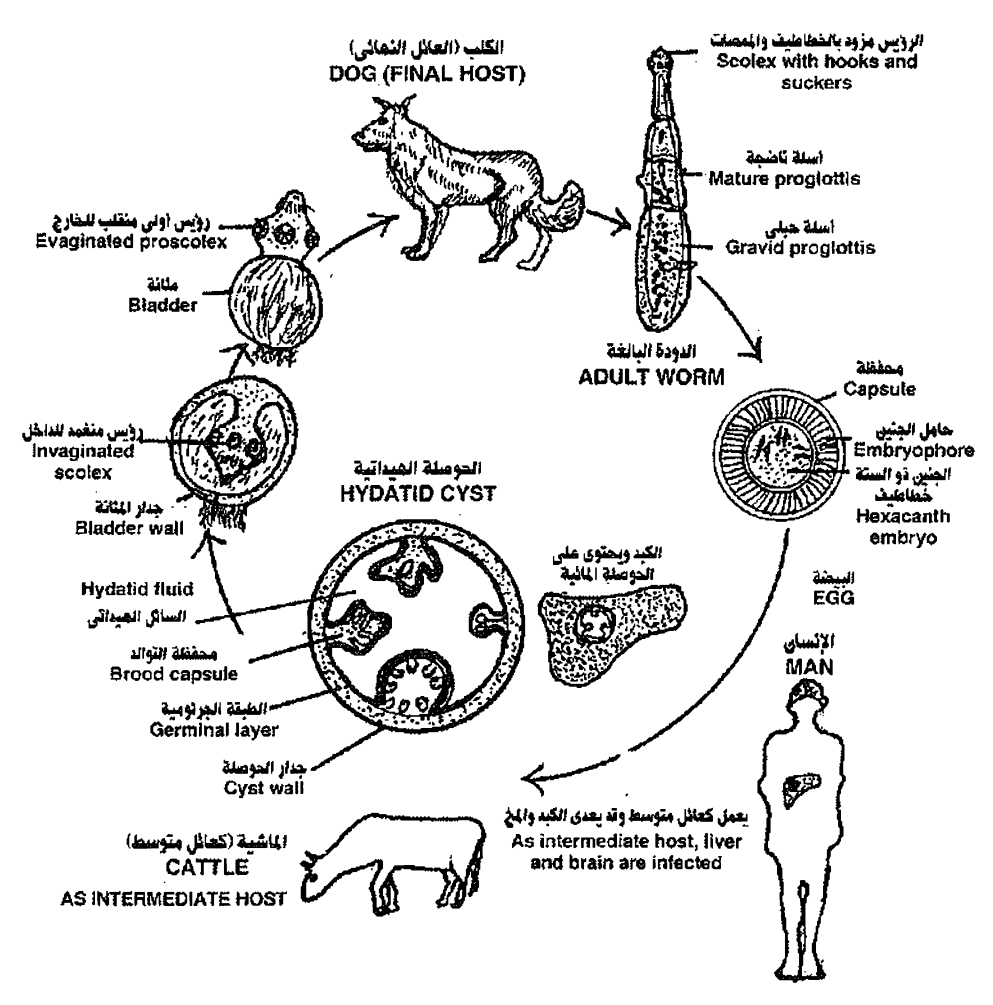
الدودة الهيداتية Hydatid worm

أصغر الديدان الشريطية (الطول ٢,٥ ـ ٩ مم)، علما بأن لها حويصلة مثانية كبيرة (٥ ـ ١٥ سم أو أكبر من ذلك بكثير). تعيش الدودة اليافعة فى الكلاب والذئاب والثعالب وغيرها من اللواحم حيث تحدث أضرارًا محدودة. أما العائل المتوسط فيوجد فى أكثر من ٤٠ نوعًا من الثدييات من بينها الإنسان والقردة والأغنام والماشية والأيائل.

والدودة لها رُؤَيس مزود بمصات أما الجسم (المتخرطة ـ **strobila**) فيتكون من أربع أسلات فقط (شكل ٤ ـ ٨٢) الأسلة الأولى والثانية غير ناضجتين، والثالثة ناضجة أما الرابعة فهى أسلة حُبْلَى **gravid**. ويحدث الضرر الكبير عند الإصابة بالطور اليرقى، حيث إن الدودة المثانية التى يُطلق عليها الحوصلة الهيداتية **hydatid cyst** أو

أيكينوكوكس هيداتيدوزسس *Echinococcus hydatidosus* تتكون فى الإنسان فى الأعضاء الحيوية وبشكل رئيسى فى الكبد، ولكن يمكن أن تتكون فى الرئتين أو حتى الجهاز العصبى المركزى كالمخ أو حتى العضلات والعظام والعين. وقد يؤدى إلى الموت بسبب الضغط على تلك الأعضاء الحيوية والسموم التى تفرزها. وعادة يتراوح طول الدودة المثانية من ٥ إلى ٨ سم، ولكن يمكن أن تنمو لفترة طويلة قد تمتد لمدة ٢٠ عاما، فى موقع غير محدود مثل الكبد حتى تصل إلى حجم كرة السلة، وإذا نمت فى أجزاء حساسة مثل القلب أو الجهاز العصبى المركزى، فقد تظهر أعراضًا مرضية خطيرة فى وقت قصير. ويُلاحظ أن نمو الحوصلة المثانية بطيء، وقد تمضى شهور أو سنين قبل أن ينمو جدار الحوصلة الداخلى حيث تتكون أكياس على سيقان يطلق عليها محافظ حاضنة **brood capsules** تحتوى كل محفظة بداخلها بالتبرعم على ما يربو على ٣٠٠ من طلائع الرؤوس **proscolices**. وهى إما تبقى ملتصقة بجدار الحوصلة أو تسقط فى فجوة الحوصلة (شكل ٤ ـ ٨٢) ويمكن أن تنمو حويصلات مثانية أبناء وليدة، ويتكرر تكوين هذه الحويصلات أما داخليا أو جانبيا. وقد تصل حجم الحوصلة المائية إلى حوالى ٧ سم فى القطر أو أكثر. وقد سُجِّلت حوصلات مائية وصل عرضها إلى ٣٠ سم، وتحتوى على ملايين من طلائع الرؤوس. ويُعْتقد أن تكوين أعداد هائلة لطلائع الرؤوس داخل الحوصلة المائية هي وسيلة لزيادة النسل حيث يتبادل التكاثر الجنسى واللاجنسى.

وتُحاط الحوصلة بطبقة خارجية داثرية (شكل ٤ ـ ٨٢) هي جدار الحوصلة، وطبقة جرثومية (نبتية) داخلية وتكون مملوءة بالسائل الهيداتى. وداخل أعضاء الحيوان تُحاط الحوصلة المائية بطبقة ليفية كرد فعل من العائل. ويلاحظ عند استئصال هذه الحوصلات المائية من جسم الإنسان المصاب أن تبقى متماسكة، لأنه إذا تمزقت تخرج منها طلائع الرؤوس لتنتشر فى جسم المريض إلى مناطق أخرى. ومن الواضح أن الضرر لهذا الطفيلى يتسبب من الحوصلة المائية وليست من الحيوان اليافع، حيث إن الحوصلة المائية تتكون داخل أعضاء حيوية وتؤدى إلى أمراض خطيرة. ويُصاب الإنسان بالعدوى عند بلع البيض عند ملامسته الكلاب المصابة أو عند لعقها لليد، وفى الأمعاء يخرج من البيض الأجنة الشوكية التى تخترق جدار الأمعاء وتنتقل مع الدم إلى أحد الأعضاء الحيوية لتكون الكيس المائى. وعندما يأكل العائل الأصلى (الكلاب، الذئاب والثعالب وغيرها من اللواحم) اللحوم المصابة بالحوصلة المائية فإنها تُهضَم فى الأمعاء وينطلق منها أعداد هائلة من الديدان المثانية التى تتعلق بجدار الأمعاء لتكون الدودة اليافعة، وعمر الدودة اليافعة فى العائل الأصلى حوالى ١٠٠ يوم، ولا تضع البيض إلا بعد ٣٥ يومًا.



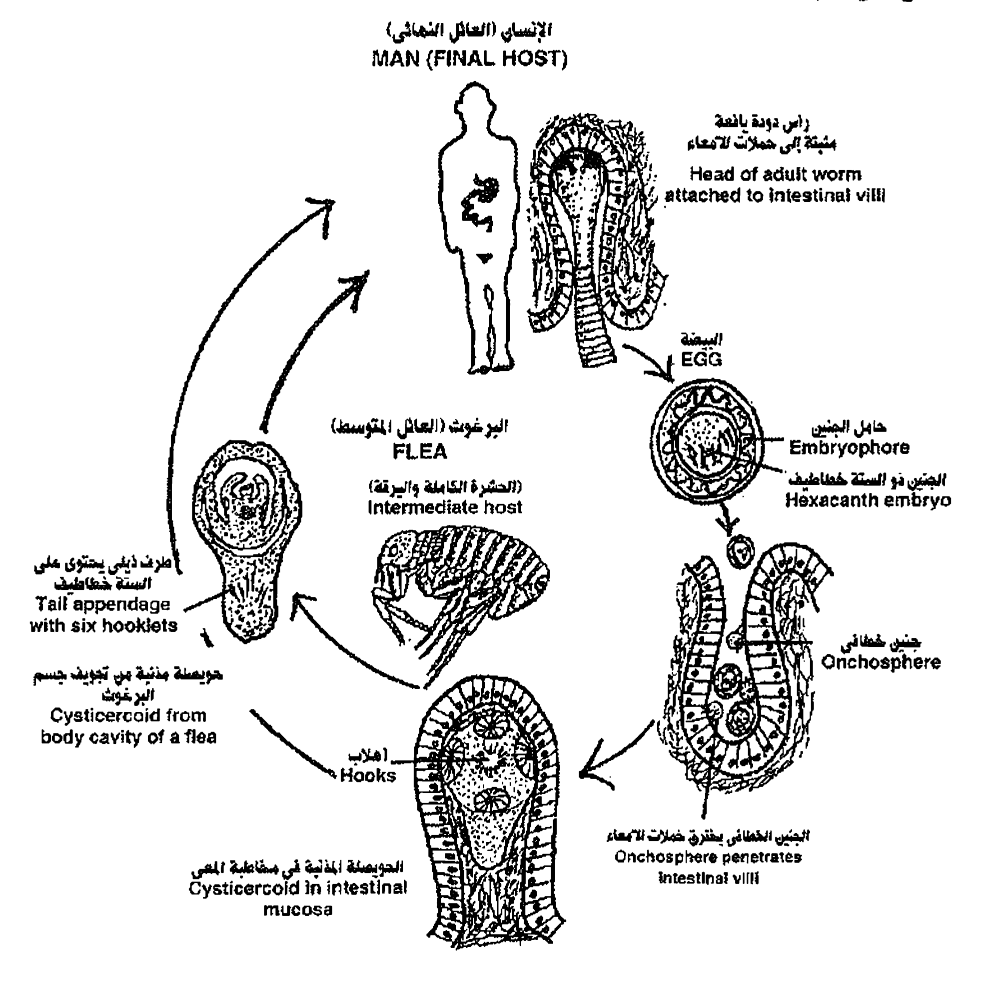
شكل (٤-٨٢) دورة حياة الدودة الهيداتية (إيكينوكوكس جرانيولوزسس)
Echinococus granulosus

Hymenolepis (= Vampirolepis) nana هيمنوليبس نانا

Dwarf tapeworm الدودة الشريطية القزمة

من أصغر الديدان الشريطية التى تصيب الإنسان. وتوجد كذلك فى الفئران وبعض القوارض الأخرى وتنتشر فى كثير من البلدان منها مصر والولايات المتحدة الأمريكية وغيرها. وقد اكتشف هذا الطفيلى فى مصر العالم الألمانى ثيودور بلهارس عام ١٨٥١.

وتتميز الدودة الشريطية القزمة بعدم وجود عائل متوسط إذ يكون الإنسان هو العائل الوحيد حيث يكون هو العائل الأساسي والمتوسط. ويتراوح طول الدودة البالغة من ١٥ إلى ٤٥ مليمترا، وتلتصق بجدار الأمعاء بأربعة ممصات وبوز مزود بخطاطيف ويبلغ عدد الأسلات من ١٠٠ إلى ٢٠٠ أسلة. ويوجد بداخل الأسلة الحبلى حوالى ١٨٠ بيضة. والبيضة بيضاوية الشكل مغطاة بغلاف مزدوج (شكل ٤ ـ ٨٣). والبيض حساس للجفاف ويموت بسرعة فى التربة وعلى الخضروات والفواكه. غير أنه يمكنه أن يبقى حيا على لوازم الحياة وعلى ألعاب الأطفال وعلى أيدى الأبواب وفى دورات المياه، وينقل عن طريق الاتصال المباشر بالمرضى.



شكل (٤-٨٣) *دورة حياة طفيلي الدودة الشريطية القزمة* **Dwarf tapeworm** .

هيمانوليبس نانا ***Hymenolepis (= Vampirolepis) nana***

تاريخ الحياة (شكل ٤ ـ ٨٢)

عند ابتلاع البيض المحتوى على اليرقات فإنه يفقس فى المعدة أو الإثنى عشر وتنطلق منها الأجنة الخطافية التى تخترق الخملات فى جدار الأمعاء، وتحول كل بيضة إلى حويصلة مذنبة **cercocytic cyticercoid** خلال ٤ ـ ٦ أيام، وبعد ذلك تخرج من الأمعاء إلى التجويف المعوى حيث يخرج الجزء المنبعج ليكون رؤيس الدودة التى تلتصق بالممصات والأهلاب. وبعد أسبوعين أو ثلاثة تصل الدودة إلى طور النضج.

ورغم صغر هذه الدودة فإنها تسبب اختلالات عصبية شديدة فى الأطفال أو البالغين إذا كانت العدوى شديدة، كما تسبب آلاما معوية يصحبها أحيانا إسهال.

دايفيللوبوثريم لاتوم *Diphyllobothrium latum*

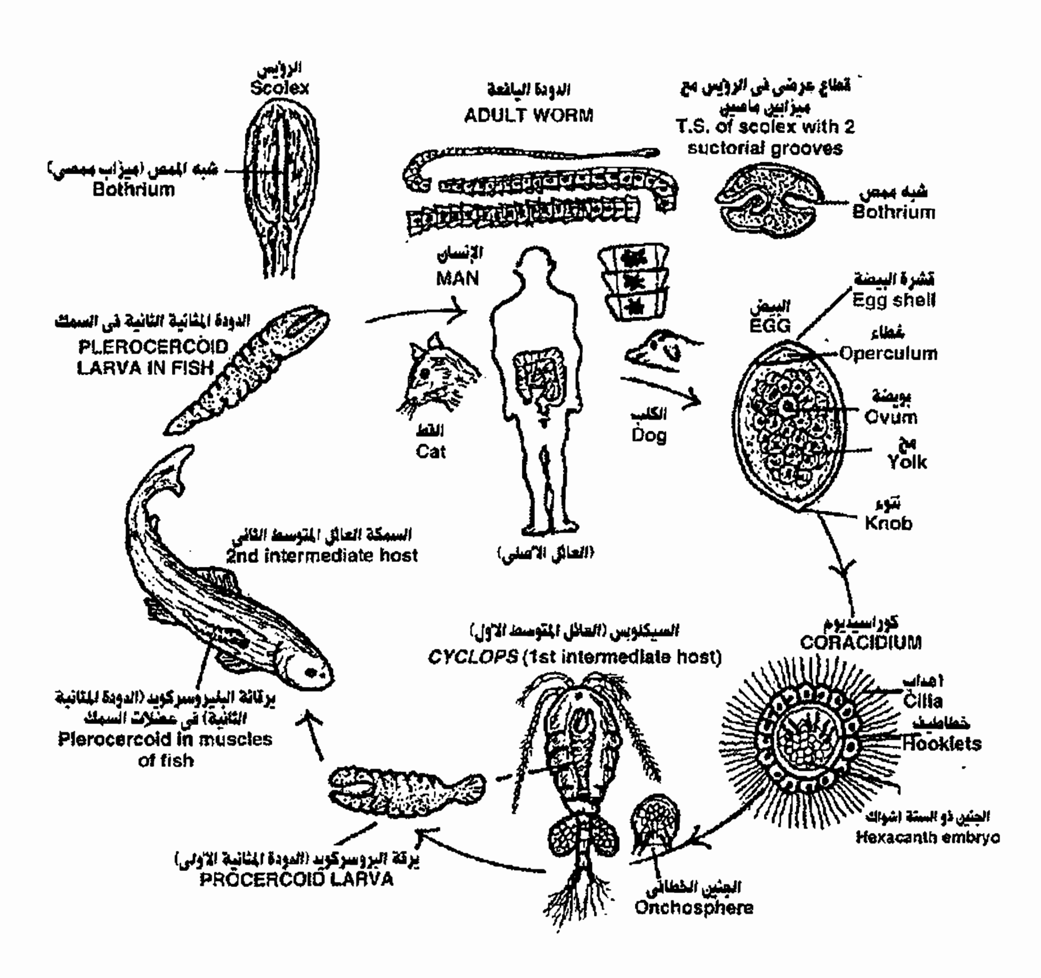
الدودة الشريطية العريضة (دودة لحم السمك الشريطية) Fish tapeworm

تعيش الديدان البالغة فى أمعاء الإنسان والكلاب والقطط والثدييات الأخرى التى تتغذى على الأسماك فى نصف الكرة الشمالى، وتوجد الأطوار غير الناضجة فى القشريات والأسماك، وهى أطول وأخطر دودة شريطية تصيب الإنسان إذ يتراوح طولها من ٢٠ ـ ٢٥مترًا وعرضها ٢ سم. وتتميز برؤيس مسحوب مبطط من جانب لآخر مزود بممصين طوليين ضحلين **bothria** (شكل ٤ ـ ٨٤)، ويحتوى جسم الدودة على حوالى ٣٠٠٠ ـ ٤٠٠٠ أسلة عريضة وقصيرة، وقد تعيش الدودة داخل جسم عائلها لمدة ١٥ ـ ٢٠ عامًا.

ويتميز الرحم بأنه مستطيل وكثير الالتواءات ويوجد فى منتصف الأسلة وهو غير متفرع يخرج منه البيض واحدة بعد الأخرى، ومزود بفتحة فى مقدمة الأسلة تحت الحافة الأمامية، إما أعلى أو أسفل الثقب التناسلى ويقع المبيض عند نهاية الأسلة ويكون ذا فصين، أما الغدد المحية فهى منتشرة بين الخصى، والأنابيب التناسلية مستطيلة.

تاريخ الحياة

بعد عملية الإخصاب يخرج البيض من فتحة الرحم إلى الأمعاء ومنها للخارج مع البراز ثم إلى الماء. وتضع الأنثى الواحدة حوالى ٣٦ ألف بيضة يوميا. والبيض بيضاوى الشكل له غطاء، وعند وضعه يحتوى على جنين غير كامل النمو (شكل ٤ ـ ٨٤)، الذى عند نضجه يكون جنينا خطافيا مزودا بستة أهلاب (خطاطيف) ويحاط بطبقة من الخلايا المهدبة ويُطلق عليه اليرقة المهدبة أو كوراسيديوم **coracidium**.



شكل (٤-٨٤) دورة حياة الدودة الشريطية العريضة (دودة لحم السمك الشريطية)
(دايفيللو بوثريم لاتوم *Diphyllobothrium latum*)

وعندما يتغذى العــائل المتوسط الأول وهو ـ من القشريات مجدافـية الأقدام عادة جنس سيكلوبس ***Cyclops*** أو دايابتموس ***Diaptomus*** الذى ينتشر فى المجارى المائية ـ على الكوراسيــديوم خلال ١٢ ساعة من تـكوينه، فتذوب الطبقــة الخارجيــة المهدبة فى القناة الهضمية للحيوان القشرى، ويخــرج منها الجنين الخطافى الذى يثقب القناة الهضمية إلى التجويف الدمــوى حيث يكَوِن اليرقة الثانيــة وهى الدودة المثانية الأولى (شكل ٤ ـ ٨٤) **procercoid** والتى لا تنمو بــعد ذلك، حتى تبــتلعها إحــدى الأسمــاك ـ وهى العائل المتوسط الثاني ـ وعادة تكون إحدى أسمــاك المياه العذبة أى قليلة الملوحة مثل السردين، أو الرنجة، أو البرش أو السلمــون. فتخترق الدودة المثانية الأولى الجــدار المعوى للسمكة

ثم تتجول خلال الأعضاء المختلفة إلى أن تصل إلى عضلات السمكة الإرادية أو الكبد حيث تنمو لتتحول إلى الدودة المثانية الثانية (شكل ٤ ـ ٨٤) plerocercoid التى تتحوصل فى الحال أو بعد ذلك. وعندما يأكل الإنسان أو غيره من الحيوانات آكلة الأسماك، الأسماك التى تحتوى على الطور المعدى وتكون نيئة أو غير مطهية جيداً، تصل الدودة المثانية الثانية للأمعاء لتلتصق بالممصات بجدارها، وتنمو اليرقة حتى تصل إلى طور الدودة البالغة، وخلال ٥ ـ ٦ أسابيع يبدأ البيض ذات الغطاء فى الظهور فى براز العائل الأصلى. وقد تحدث العدوى بأكل الأسماك المستوردة والتى لا يتم طهوها جيداً وتحتوى على الطور المعدى.

دايبلايديوم كانينم *Dipylidium caninum*

دودة الكلب الشريطية Dog tapeworm

طفيلى يصيب القطط والكلاب المستأنسة، وقد يصيب الأطفال الذين يخالطون هذه الحيوانات. ويبلغ طول الدودة من ٢٠ ـ ٥٠ سم، والرأس مزود ببوز متقبض مدبب بعض الشىء، ومزود بعدد من الحلقات الخطافية، والأسلات مستطيلة يحتوى كل منها على مجموعة كاملة من الأعضاء التناسلية الذكرية والأنثوية على جانبى كل عقلة، وبذلك يوجد فى كل عقلة زوج من الثقوب التناسلية على كل جانب.

ويكون المبيض ذات فصوص عديدة، وكذلك الجهاز المحى الذى يكون مفصصا أو غير مفصص. ويختفى الرحم فى وقت مبكر من النمو وتحل محله محافظ للبيض غير خلوية رائقة تحتوى كل واحدة على ٨ ـ ١٥ بيضة. وتنفصل الأسلات الحبلى وبحركات انقباضية تخرج من فتحة الشرج، أو تخرج مع البراز، وتوجد الحويصلة المذنبة cysticercocid فى أجسام يرقات البرغوث أو القمل، وتصل إلى أمعاء العائل الأصلى عندما يبتلع الحشرات التى تحتوى على الطور المعدى.

علاقة الديدان الشريطية بالإنسان

إن وجود الحويصلات المثانية فى عضلات العائل المتوسط يؤدى إلى رد فعل قليل، ما عدا إذا كانت فى أعداد كبيرة فى بعض الأعضاء الحيوية كالقلب والحجاب الحاجز. والإنسان هو العائل المتوسط لدودة الخنزير الشريطية وينتج ذلك من تداول لحوم الخنزير المصابة. وأن ابتلاع الجنين الخطافى الذى يتحوصل ويتحول إلى دودة مثانية فى

العضلات الهيكلية حيث يكون التلف محدودًا. أما إذا تكونت الديدان المثانية فى الجهاز العصبى المركزى أو أعضاء الحس أو القلب فإن تلفًا خطيرا قد يحدث. وينحصر تأثير الديدان الشريطية اليافعة فى الإنسان على:

١ ـ معظم الديدان الشريطية التى تصيب الإنسان كبيرة وقد يصل طولها إلى حوالى ٢٥ مترًا، وحجمها يصل إلى حوالى ١٠٠٠ سم٣. ومثل هذه الدودة تشغل حيزًا كبيرًا من تجويف الأمعاء، وتؤدى إلى سد جزئى أو كلى للأمعاء. كما تحدث اضطرابات فى عمليات الهضم والامتصاص.

٢ ـ تمتص الديدان كميات كبيرة من الغذاء المهضوم وبذلك تحرم عائلها الأصلى ـ وهو الإنسان ـ من الاستفادة من الطعام مما يصيبه بأمراض سوء التغذية والهزال والضعف وفقد الوزن والأنيميا وحتى نقص الفيتامينات.

٣ ـ تفرز الديدان الشريطية مواد إخراجية وأيضية قد تُمتص فى الدم وتؤدى إلى اضطرابات كثيرة.

التكيفات المصاحبة لحياة التطفل فى كل من التريماتودا والسستودا

رغم أن الفاشيولا والشستوسوما وغيرها من التريماتودا تحتفظ بكثير من صفات الديدان المفلطحة الأخرى فإنها تُظهر تحورات فى التركيب ودورة الحياة التى تصاحب التطفل أو الطفيليات التى تكيفت كطفيليات داخلية. إذ بينما أقرباؤها من المفلطحات التى تعيش حرة تغطى أجسامها بشرة مهدبة ومزودة بأعضاء حس وينتج أعدادًا محدودة من البيض الذى ينمو مباشرة. فإن التريماتودا (وحيدة وثنائية العائل) قد بلغت درجة عالية من التخصص فى حياة التطفل، مع ملاءمة تاريخ حياتها لمعيشتها وضمان استمرارها. وتتلخص تلك التكيفات فى الآتى:

١ ـ تخلو أجسام الديدان اليافعة من أى طبقة مهدبة.

٢ ـ تفتقر تقريبًا لوجود أعضاء حسية حيث تعيش فى بيئة ثابتة.

٢ ـ توجد لها وسيلة للالتصاق بالعائل على شكل ممصات أو ممصات وأهلاب (خطاطيف).

٤ ـ الجهاز التناسلى جيد التكوين ومعقد، ومهيأ لإنتاج أعداد هائلة من البيض، والتى تمر بمراحل معقدة تتكاثر خلالها لاجنسيا لإنتاج أعداد هائلة من الطور المعدى.

التصنيف

تنقسم شعبة المفلطحات إلى أربع طوائف رئيسية:

١- طائفة: تربلاريا (الدواميات) TURBELLARIA

تعيش معظم الأنواع (حوالى ٥٠٠٠ نوع) معيشة حرة على اليابسة أو فى المياه العذبة أو المالحة (لوحة رقم ٤ ـ ١٠)، والقليل منها يعيش معيشة تكافلية أو متطفلة على اللافقاريات (شوكيات الجلد، الرخويات والحيوانات المفصلية). تتميز بوجود بشرة مهدبة تحتوى على أجسام عصوية ـ رابديودس **rhabdoids**، ويندر أن يُوجد لها ممصات. الفم يقع عادة على السطح البطنى مع وجود بلعوم قابل للانقلاب. والجسم خال من أى تجويف سوى فجوات بينخلوية فى البرانشيمة. والديدان عادة خنثات والقليل منها وحيد الجنس، وتاريخ الحياة بسيط، والتكاثر اللاجنسي شائع فى مجاميع قليلة.

الأمثلة: بوليسيلس ***Polycelis***، دوجيزيا ***Dugesia***، كريبتوفللس ***Cryptophallus*** وماكروستوميم ***Macrostomum***، وتيمنوسيفللا ***Temnocephala***.

٢- طائفة: إحادية العائل MONOGENEA (HETEROCOTYLEA)

طفيليات خارجية تتطفل أساسا على جلد وخياشيم الأسماك، ولكن البعض منها طفيليات داخلية (داخل المثانة البولية والسيلوم حتى أمعاء الأسماك والبرمائيات). تخلو طبقة البشرة فى الحيوان اليافع من الأهداب والقضبان العصوية. ولا توجد طبقة كيتينية وغالبا ما يُكون الإهاب الخارجي مدمجا خلويا **syncytium**. القناة الهضمية كاملة تشمل فما بسيطا أو محاطا بممص فمى ضعيف، وبلعوم ومرىء وأمعاء ثنائية التفرع. وتوجد أعضاء الالتصاق فى مؤخرة الجسم وقد يكون مقسما إلى ممصين إلى ستة ممصات وعادة ما تكون مدعمة بدعامات كيتينية. توجد قناتان إخراجيتان طوليتان تنتهى بأكياس تفتح للخارج بالثقوب الإخراجية المنفصلة. تاريخ الحياة بسيط ولا يوجد تضاعف يرقى، ويوجد عائل واحد فقط غالبا من الفقاريات.

الأمثلة: بوليستوما ***Polystoma***، ترايستوما ***Tristoma***، جيروداكتيلس ***Gyrodactylus*** وجيروكوتيل ***Gyrocotyle***.

٣- طائفة: ثنائية العائل - وشائع ثنائية العائل DIGENEA

طفيليـات داخلية (ما يربو على ٩٠٠٠ نوع)، وعـادة تتطفل فى القناة الهضمية لكل طوائف الفقاريات. تتميز بوجود ممص أو ممصين إحداهما أمامى وهو الممص الفمى الذى يكون أحـيانا مـزودًا بياقـة شوكـية، وممص بطنى - حـقى **acetabulum** والذى يختلف موقعه من نوع لآخر، فهو إما خلف الممص الفمى أو بالقرب منه أو فى موضع متوسط أو عند الطرف الخلفى ولكنه غـير مزود بدعامات كيتينية أو خطاطيف، الجسم غير مغطى بطبقة الكيوتين، ولكن عبارة عن إهاب على هيئة مدمج خلوى. أما الأطوار اليرقية فمهدبة. القناة الهضمية ثنائية التـفرع مقفلة النهاية. توجد أنبوبة إخراجية وسطية تنتهى بثـقب إخراجى، والوحدة الإخـراجية هى الخـلايا اللهبيـة. توجد فتحـة واحدة للجهازين التناسـلى الذكرى والأنثوى. تتميـز بوجود قناة لورر - ستيده أو قناة التـسافد والتى تتصل بالمبياض وتفتح على السطح الظهرى.

تاريخ الحياة أكـثر تعقيدًا من أحـادية العائل، ويلزمها عائل أو عـائلان متوسطان أحـدهما يكون أحـد أنواع القـواقع والطور المعدى هو السـركـاريا الحرة، ولكن عـادة تتحوصل على النباتات أو فى عائل متوسط ثانى.

الأمـثلة: شـسـتوسـومـا (شكل ٤ - ٧٠) ***Schistosoma***، أكـينوسـتـومـا ***Echinostoma***، فـاشـيـولا (شكل ٤ - ٧٣) ***Fasciola***، هتـروفس ***Heterophyes*** (شكل ٤ - ٧٧).

يلاحظ أنه فى بعض التقاسيم تُصنّف إحاديّةُ العائل **Monogenea** وثنائية العائل **Digenea** كتحت طوائف لطائفة واحدة هى التريماتودا **Trematoda**.

٤- طائفة: السستودا (الديدان الشريطية) CESTODA

وتشـمل ما يزيد عن ٥٠٠٠ نوع، وكلهـا طفيـليات داخليـة تتطفل على أمعـاء الإنسان وكل مـجاميـع الفقاريات الأخـرى، ويتمـيز الجسم بطرف أمـامى هو الرُّوَيْس **scolex** الذى يحمل أعضاء للتـثبيت وهى الممصات أو الخطاطيف أو كليهمـا معًا، يليه عنق غير مقسم يشمل منطقة إنشـائية والتى ينمو منها كل جسم الدودة بعملية الانشطار العرضى، ويلى العنق المتخرطة **strobila**، وعادة تكون طويلة شريطية الشكل مـقسمة إلى أسلات من (٤ - ٤٠٠٠ أسلة) ويتراوح طولها من بضـعة مليمترات إلى ١٠ - ٢٠

متراً أو أكثر. وتتميز السستودا بعدم وجود قناة هضمية، وإن التكيف لحياة التطفل قد بلغ درجة عالية من التخصص.

ويغلف جدار الجسم (مثل أحادية وثنائية العائل) إهاب بروتولازمى حى يحتوى على الميتوكوندريا ونتوءات سيتوبلازمية توجد تحت الخلايا المكونة للإهاب. ويخلو جدار جسم الطفيلى البالغ من الأهداب. ويتميز إهاب السستودا بوجود خملات دقيقة تزيد من سطح الامتصاص. وتتميز الديدان الشريطية بأن الجهاز العصبى ضعيف التكوين، كما لا توجد أعضاء حسية. وتحتوى كل أسلة ناضجة على الأجهزة التناسلية الذكرية والأنثوية. وتبدأ فى النضوج من الأمام للخلف وتكون الأسلة الأخيرة (الحُبْلَى) مثقلة بالبيض. ويطلق على الجنين الناضج الجنين الخطافى **onchosphere** الذى يحتوى على الجنين ذى الستة أشواك ويلزم لدورة الحياة عائل أو أكثر، وقد يكون ذلك حيوانا فقاريا أو لافقاريا.

الأمثلة: تينيارنكس (شكل ٤ ـ ٧٨) ***Taeniarhynchus***، تينيا ***Taenia***؛ أيكنوكوكس ***Echinococcus*** (شكل ٤ ـ ٨٢)، هيمانوليبس (شكل ٤ ـ ٨٣)؛ ***Hymenolepis (= Vampirolepis)***؛ دايفيلوبوثريم ***Diphyllobothrium*** (شكل ٤ ـ ٨٤)؛ دايبيلاديوم ***Dipylidium***.

الفصل الثامن عشر

السيلوميات الكاذبة

PSEUDOCOELOMATA

تتميز السيلوميات الكاذبة بتجويف جسمي كبير مملوء بسائل، وهذا التجويف لاسيلومي لأنه غير مبطن بالبريتون وهي خلايا الميزودرم. وعلى نقيض اللاسيلوميات ذات التماثل الجانبي (الديدان المفلطحة والخرطوميات) حيث يملأ الفراغ بين جدار الجسم والقناة الهضمية بخلايا ميزنشيمية، فكل الحيوانات الأخرى ذات التماثل الجانبي إما يظهر لها فجوة مملوءة بسائل يُطلق عليها التجويف الجسمي (السيلوم الكاذب) الذى يوجد بين جدار الجسم والأعضاء الداخلية، أو على الأقل تكون قد نشأت من أشكال ذات تجويف جسمي. ووظيفة السائل الذى يملأ السيلوم الكاذب وظيفة هيدروليكية هيكلية فهى تعمل مضادة للعضلات الجسمية، كما تعمل على حفظ انتفاخ الجسم بالضغط العالى للسائل. كما يقوم هذا السائل بوظيفة أخرى هامة وهى نقل الغازات التنفسية والغذاء المهضوم والفضلات. إذ تخلو السيلوميات الكاذبة من جهاز دورى، كما أن وجود السيلوم الكاذب يهيئ مكانا لأعضاء الجسم الداخلية الملتفة.

وتجويف الجسم فى الحيوانات ذات التماثل الجانبى ثلاثية الطبقات إما أن يكون سيلوما كاذبا أو سيلوما ينشأ من طبقة الميزودرم الجنينية. ويبطن بغشاء البريتون **peritonium**. ولكن ينشأ السيلوم الكاذب من البلاستوسيل ـ التجويف الأولى **blastocoele** وهى الفجوة التى تظهر بين طبقتى الإندودرم والميزودرم خلال التكوين الجنينى. فبعد تكوين المعى القديم يبقى البلاستوسيل (تجويف البلاستولة ـ التجويف الأولى) كفجوة تحيط بالأعضاء الداخلية. ولما كان التجويف الأولى (تجويف البلاستولة) لا ينشأ داخل طبقة الميزودرم ـ كما هو الحال فى السيلوم الحقيقى، لذلك يفتقر التجويف الأولى (البلاستوسيل) إلى بطانة بريتونية أو مساريقا. وهى من الصفات المميزة للحيوانات السيلومية.

وقد أدى ظهور فجوة للجسم إلى زيادة حجم الحيوان، وكلما زاد حجم جسم الحيوان يكون التركيب المصمت غير ملائم فسيولوجيا، كما أنه يعطى مكانا للأعضاء الملتفة. ومن الملاحظ أن السيلوميات الكاذبة قد ظهرت فيها الأعضاء والأجهزة حيث تظهر أجهزة كاملة مثل الجهاز الهضمى الذى يتميز بوجود فتحة أمامية (فم) وأخرى خلفية (أست) وبذلك لا يكون هناك خلط بين نواتج الهضم والفضلات غير المهضومة.

ومن الجدير بالذكر أن القناة الهضمية فى السيلوميات الكاذبة إندودرمية، وبذلك تختلف عنها فى الحيوانات السيلومية حيث تحتوى على الميزودرم أيضا.

وتمثل السيلوميات الكاذبة تقدما متميزا عن تركيب الجسم المصمت فى اللاسيلومات وقد يمتلىء السيلوم الكاذب بسائل أو قد يحتوى على مادة چيلاتينية مع بعض الخلايا الحشوية. ومثل السيلوم الحقيقى فإن للسيلوم الكاذب إمكانيات تكيفية معينة برغم أنها لا تتوافر فى كل الأفراد وهى: حرية الحركة، مكان لنمو وتمييز الأجهزة الهضمية والتناسلية والإخراجية، وسيلة بسيطة لدوران أو توزيع المواد داخل الجسم، ومكان لتخزين الفضلات الإخراجية ليمكن التخلص منها للخارج عن طريق القنوات الإخراجية، كما أنه عضو هيكلى هيدروستاتيكى. وبما أن أغلب السيلوميات الكاذبة حيوانات صغيرة فإن أهم وظائف السليوم الكاذب ربما تتركز فى الدوران كوسيلة لضمان ضغط السوائل داخل الجسم.

وتشمل السيلوميات الكاذبة مجاميع غير متجانسة من الحيوانات معظمها صغير والبعض مجهرى وإن كان بعضها كبيرا نسبيا وتعيش فى كل البيئات: مياه عذبة، مياه بحرية، اليابسه أو متطفلة. وللبعض مميزات فريدة مثل الجهاز القنوى **lacunar system** فى الرأسشوكيات والأكليل المهدب **ciliary corona** فى العَجلِّيات **Rotifera**.

وينتمى إلى السيلوميات الكاذبة سبع شعب هى: الدوّارات **Rotatoria** **Rotifera**، البطنشعريات **Gastrotricha** وشوكيات العنق **Kinorhyncha**؛ الديدان الخيطية **Nematoda**؛ الديدان الشعرية **Nematomorpha** الرأسشوكيات **Acanthocephala**؛ وداخليات الشرج **Entoprocta**؛ ونظراً لأن هناك تشابها بين الشعب الخمس الأولى، فقد صنفها بعض العلماء كطوائف لشعبة الديدان المثانية **Aschelminthes** إلا أنها تختلف فيما بينها كثيراً.

شعبة الخيطيات

NEMATODA (NEMATA)

الديدان الأسطوانية (الشعبانية) هى إحدى الشعب الكبيرة فى المملكة الحيوانية وتشمل ديداناً أسطوانية يمكنها أن تعيش فى أى موئل متاح للحياة الحيوانية. وغالبيتها العظمى حرة المعيشة على اليابسة وفى المياه العذبة والبحرية وكذلك المواد العضوية المتحللة. وعلى قمم الجبال حتى أعماق البحار وقد يحتوى رمل أو طين قاع البحر على بلايين من هذه الكائنات وقد يحتوى فدان التربة الجيدة على بلايين من الديدان الخيطية،

ومن الخيطيات أنواع متطفلة على النبات والحيوان وقد تؤدى إلى خسائر فادحة، وقد وجد أن نوعًا منها يعيش فى الخل وهو ـ ثعبان الخل **vinegar eel** الذى يوجد فى الرواسب غير المبسترة من الخل، وثمة أنواع تعيش حتى فى البترول الخام.

والخيطيات قد لا تسترعى الانتباه نظرًا لصغر حجمها، فالأنواع التى تتطفل على النبات قد تصل إلى أقل من مليمتر فى الطول والكثير منها مجهرى، وإن كانت بعض الأنواع البحرية تصل إلى ٥ سم فى الطول. ومع ذلك فيبلغ طول بعض الأنواع المتطفلة إلى متر أو أكثر. ويحتوى جسم الإنسان على ما يربو على ٥٠ نوعًا متطفلاً يتراوح طولها من مليمترات إلى حوالى المتر طولا؛ منها الدودة الخطافية ـ إنكلستوما ***Ancylostoma***، والفيلاريا ***Filaria*** والترايكينا ***Trichina***. وللخيطيات قدرة خارقة على تحمل الظروف البيئية القاسية، حتى أن الكثير منها يمكنه أن يمر فى طور سكون لفترة طويلة حيث تنخفض كل عمليات الأيض انخفاضا كبيرا. ومن أهم صفاتها الآتى:

١ ـ ديدان أسطوانية غير مقسمة إلى عقل، الجسم طويل ويتميز بالتماثل الجانبى.

٢ ـ يغطى الجسم طبقة سميكة من الكيوتين الذى يتكون من السكليروبروتين، وقد تكون ملساء أو خشنة، وهى قابلة للانثناء ولكن غير مرنة تمنع الدودة من تغيير طولها أو سمكها.

٣ ـ العضلات جيدة التكوين ومكونة كلية من ألياف طولية.

٤ ـ عدد الخلايا أو الأنوية المكونة للأعضاء المختلفة للجسم ثابت إلى حد كبير، ويعتبر هذا العدد الذى يميز نوعًا عن آخر.

٥ ـ لا توجد فجوة سيلومية حقيقية، ولكن تجويف الجسم سيلوم كاذب يتكون بالتحام الفجوات الكبيرة لخلايا خاصة تشغل الفراغ بين الأمعاء وجدار الجسم.

٦ ـ يتكون الجهاز الإخراجى من عدد محدود من الخلايا (عادة اثنين) يُطْلق عليها الخلايا الغدية الرينتية **renette cells** والتى تستطيل إلى أنبوبتين طوليتين مقفلتين ينتهيان عند الطرف الخلفى، ويتصلان عند الطرف الأمامى بأنبوبة مستعرضة تفتح بثقب إخراجى خلف الفم.

٧ ـ يتركب الجهاز العصبى من حلقة حولمريئية يخرج منها ستة أفرع قصيرة أمامية، وستة حبال (جذوع) طولية تتجه نحو الخلف.

٩ ـ غالبا ما تكون ثنائيـة المسكن حيث تكون الأجناس منفصلة، ونادرًا ما تكون خناث. والأعضاء التناسلية تكون عادة خيطية الشكل. ويُحاط البيض بغلاف واق ومقاوم.

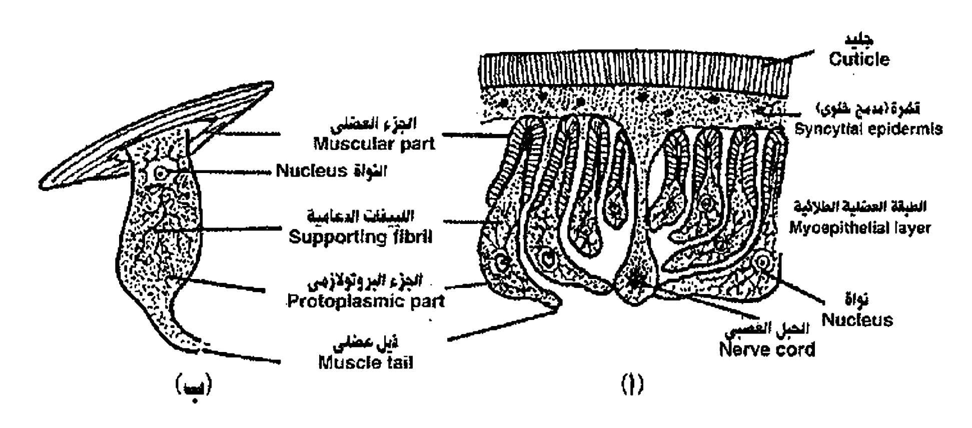
١٠ ـ تاريخ الحيـاة يكون مبـاشرا إلا فى حـالات قليلة حيث تكون دورة الحـياة معقدة، والتفلج فسيفائى.

التركيب العام للخيطيات

GENERAL ORGANIZATION OF NEMATODA

جدار الجسم

يغطى الجسم جليـد سميك مـعقد التركـيب يقاوم العصـارات المعدية فى الديدان الخيطية المتطفلة، وهو منفذ للماء والأملاح. رغم أنه مـغطى من الخارج بطبقة ليبيدية. ويفـرز الجليد بشـرة تحـتيـة **hypodermis**. والجليـد قابل للانـثناء ويتكون من بروتين (كـولاجين) وليس من مادة الكيـتين. وقد يكون الجـليد أملس، أو يظهـر على أشكال حلقية دقـيقة أو خطوط طولية وغيـرها من الأشكال ـ أما البشرة ـ تحت البـشرة – فهى عادة خلوية وحـيدة أو ثنائيـة النواة، ولكن قد تكون على شكل مـدمج خلوى، وعادة تبرز فى السيلوم الكاذب على هيئة أربعة خطوط طولية (حبال) تحت البشرة عند منتصف السطحين الظهرى والبطنى، وخطين جانبيين؛ ولذلك تظهر تحت البشرة على هيئة أربعة خطوط وهى: خط ظهـرى وخط بطنى وخطان جـانبـيان (شكل ٤ ـ ٩٢). وعـادة لا توجد أهداب سواء فى الخارج أو الداخل.



شكل (٤-٨٥) *تركيب جدار الجسم فى دودة الإسكارس، وخلية عضلية طلائية*

ويلى تحت البشرة طبقة عضلية بدائية من خلايا عضلية طلائية **myoepithelium** تفصلها الأربعة خطوط الطولية إلى أربعة أرباع. وتتركب كل خلية من جزء محيطى عضلى يتكون من ألياف طولية مخططة مائلة، كما فى العضلات الهيكلية للفقاريات حيث تتكون من جزء ليفى متقبض **fibrillar** مخطط بشرائط الأكتين والميوسين، وجزء ساركوبلازمى **sarcoplasmic** غير متقبض. أما الجزء الداخلى للخلية الطلائية العضلية فيحتوى على النواة، ويُعتبر المخزن الرئيسى للجيليكوچين فى الدودة، ويمتد منه نتوء طويل رفيع فجوى هو ذراع العضلة **muscular arm**، وهو سركوبلازمى ـ إلى الحبال الظهرية والبطنية وذلك لتزويدها بالأعصاب بدلا من وجود نتوء عصبى يتصل بجسم الخلية العضلية (شكل ٤ ـ ٩٢،٨٥) ولا توجد طبقة عضلات دائرية على الإطلاق مما يحد من حركة الدودة.

السيلوم الكاذب

وهو التجويف الذى يحيط بالأحشاء ويوجد بين الطبقة الطلائية العضلية والأحشاء الداخلية، والسيلوم الكاذب غير مبطن من الخارج أو الداخل بخلايا الميزودرم. وهو مملوء بسائل غنى بالبروتينات ونسيج ليفى، ويحتوى على عدد قليل من الخلايا العملاقة المثبتة وذات الفجوات الكبيرة والتى يُطْلق عليها الخلايا السيلومية الكاذبة. وتستند هذه الخلايا إما على جدار الجسم أو الأعضاء الداخلية، ومن المحتمل أن يكون لها وظيفة إخراجية وأيضية.

وفى الخيطيات الطفيلية توجد عادة خلية سيلومية كاذبة واحدة ذات أفرع عديدة وتقع فوق المرىء، ومع ذلك توجد أربع خلايا تتصل بالخطوط الجانبية فى أنواع الإسكارس. كما تلعب الخلايا السيلومية الكاذبة دورًا مهما فى توزيع الغذاء المهضوم وجمع الفضلات الناتجة. وعلى وجه الخصوص لا يوجد فى السيلوميات الكاذبة جهاز دورى أو تنفسى. ومن الملاحظ أن ضغط السوائل فى السيلوم الكاذب للديدان الخيطية يكون أعلى مما يوجد فى كل الأنواع الحيوانية الأخرى ذات الهياكل الهيدروستاتيكية، ولكن لها أيضا مجموعات عضلية متضادة، وعلاوة على ذلك فالسائل الموجود داخل السيلوم الكاذب إضافة إلى وجود جليد سميك قابل للانثناء يمكن أن يكون هيكلا هيدروستاتيكيًا، ومثل هذا الهيكل الذى يوجد فى العديد من اللافقاريات، يوفر الدعامة بنقل قوة انقباض العضلات إلى السائل المحصور غير قابل للضغط.

الجهاز الهضمي والتغذية

تتكون القناة الهضمية من معى أمامي وخلفي مبطن من الداخل بواسطة الجليد، وتتكون من انغماد لجدار الجسم للداخل لذلك فتكون طلائيتها إكتودرمية الأصل. أما المعى المتوسط فهو إندودرمي الأصل وخلايا المعى المتوسط (شكل ٤ ـ ٩٢) ليست غدية أو هاضمة ولكنها تمتص الغذاء.

والفم يكُون طرفي، ماعدا في أحوال نادرة، ويحاط بست شَفَاة أو أقل كما في الأنواع المتطفلة، وقد تختفي الشَفَاة تمامًا أو يستعاض عنها بتاج شعاعي **corona radiata**، ويؤدي الفم إلى محفظة فمية تؤدي إلى المرىء عادة يطلق عليه البلعوم، وصفات المحفظة الفمية والمرىء لها أهمية تصنيفية. وقد يكون المرىء العضلي مستطيلا أسطواني أو هراوي الشكل أو يكون مقسمًا إلى جزءين أو ثلاثة، ويؤدي المرىء إلى المعى المتوسط وهي أنبوبة مستقيمة بسيطة مبطنة بخلايا عمادية بسيطة ومزودة بصمام عند كل طرف. وقد تحتوي الخلايا المعوية على نواة واحدة أو اثنتين أو ثلاثة، وتحمل على حافتها الطليقة خملات دقيقة. وقد يمتد من أول المعى أعوران يؤديان إلى المرىء. وقد يوجد كلا الأعورين المريئي والمعوى. وفتحة الاست غير طرفية عادة. وتُدفع المواد الغذائية في الأمعاء إلى الخلف بحركات الجسم، وبضغط الطعام الإضافي التي يمر من الأمعاء إلى البلعوم. ويتم التبرز بالعضلات التي تجذب الشرج وتفتحه وتنشأ قوة طاردة من ضغط السيلوم الكاذب.

إن الكثير من الديدان الخيطية الحرة المعيشة من آكلات اللحوم تتغذى على غيرها من الحيوانات الصغيرة، أما الخيطيات البحرية فتتغذى على الطحالب والدياتومات. وأن عددًا كبيرًا من الأنواع التي تعيش على اليابسة وتتطفل على النباتات تثقب الخلايا والجذور وتمص محتوياتها. والبعض الآخر يعيش على المواد العضوية المتحللة.

أما الخيطيات المتطفلة مثل الإسكارس وغيرها فتمتص غذاءها وهو مهضوم جزئيًا بمساعدة البلعوم العضلي جيد التكوين. والبلعوم في الإسكارس مزود بثلاث غدد لعابية. ويتم الهضم خارج الخلايا ويُمتص الغذاء المهضوم خلال الجدار المعوى ثم يُوزّع على باقي الأعضاء والأنسجة عن طريق السيلوم الكاذب.

التنفس

تتنفس الخيطيات حرة المعيشة بانتشار الغازات التنفسية عبر الجليد. أما في الخيطيات الطفيلية مثل الإسكارس فالتنفس لاهوائي حيث تحصل الدودة على الطاقة

بعملية تحلل السكريات أو تكسير الجليكوچين إلى ثانى أكسيد كربون وأحماض دهنية بدلاً من حامض اللاكتيك (حيث لا توجد دورة كربس أو نظام السيتوكروم) وهو ضار إذا تراكم بكميات كبيرة، ويتم إخراج نواتج الإخراج من الجليد.

ويمكن لبعض الخيطيات المتطفلة أن تستخدم الأكسچين حتى إذا توافر بكميات قليلة وخاصة تلك التى تتطفل فى القناة الهضمية. ومع ذلك فإن الكميات القليلة من نوع معين من الهيموجلوبين له قدرة عالية للاتحاد بالأكسچين والمتوفر فى جليد الطفيلى مثل الإسكارس والإنكلستوما وكذلك فى أجزاء أخرى من الجسم وفى السائل السيلومى الكاذب - يمكنها أن تتحد مع الأكسچين مهما كان تركيزه قليلا. وفى بعض أنواع الإسكارس مثل إسكارس سويم ***Ascaris suum*** - الذى يتطفل على الخنزير - اُكتُشف نوعان من الهيموجلوبين: أحدهما فى الخارج ويوجد فى جدار الجسم، والثانى فى الداخل فى سوائل الجسم، ووجد أن قدرة النوع الأول للاحتفاظ بالأكسچين تعادل ٢٥٠٠ مرة، والداخلى يعادل ١٠ آلاف مرة أعلى من هيموجلوبين الخنزير. وقد وُجد أن هذا الترتيب يُعتبر أكفأ جهاز مثالى فى بيئة تفتقر إلى الأكسچين. إضافة إلى أن الإنكلستوما يمكنها أن تحصل على الأكسچين من الدم الذى تتغذى عليه.

ويلاحظ أن الديدان الخيطية حرة المعيشة، وكذلك الأطوار الحرة للخيطيات المتطفلة ذات تنفس هوائى إجبارى **obligate aerobes** التى تتميز بدورة كربس **Kreb's cycle** ونظام السيتوكروم.

الجهاز الإخراجى

يتركب الجهاز الإخراجى فى الخيطيات البدائية البحرية مثل رابديس ***Rhabdias*** من وحدة أو وحدتين إخراجيتين كل منهما وحيدة الخلية يُطْلق عليها الخلايا الغدية **renette cells** توجد تحت المرىء. وهذه الخلايا شبيهة بالكيس ولكل منها قناة قصيرة تتحد مع القناة الأخرى وتصب فى منتصف السطح البطنى بالثقب الإخراجى، وثمة اعتقاد بأن الخلايا الغدية **renette** هى الطرز الأساسى للجهاز الإخراجى فى الخيطيات. وأنه خلال التطور تكونت أنيبوبات داخل امتداد الخلايا الغدية (شكل ٤ - ٨٦أ).

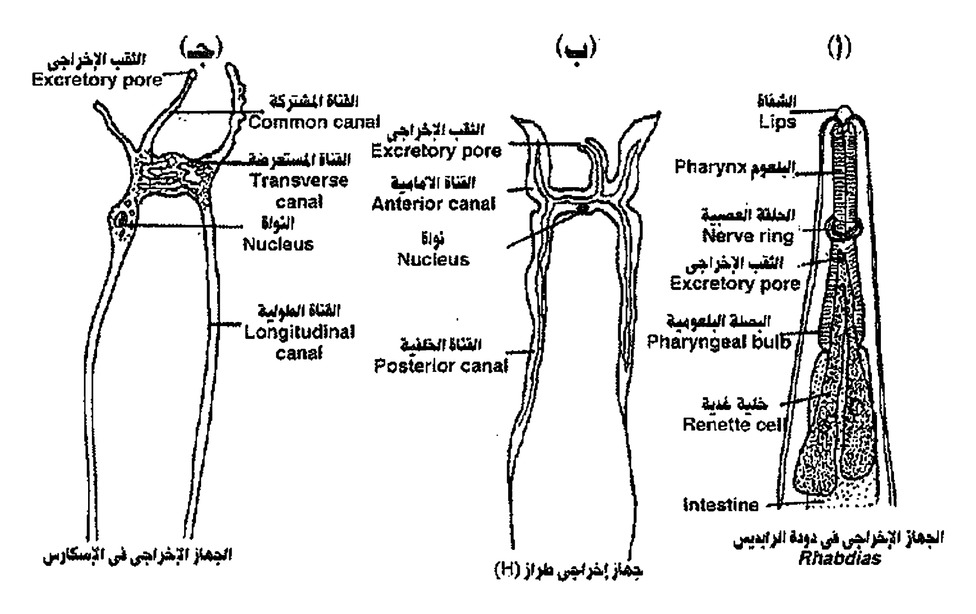
وفى معظم الخيطيات يكون الجهاز الإخراجى على شكل حرف **"H"** (شكل ٤ - ٨٦ب) حيث يتكون من أنبوبتين جانبيتين تمتد كل منهما داخل الحبال الجانبية الطولية تحت البشرة. وتتصل قناة عرضية بين الأنبوبتين وتفتح للخارج بقناة واحدة مشتركة تفتح للخارج بالثقب الإخراجى. ولا يوجد هنا خلايا لهبية أو أهداب أو أى فتحات داخلية.

وفى الإسكارس فإن النهايات الأمامية لـ "H" تكون قصيرة ومختزلة (شكل ٤ ـ ٨٦جـ)، وتتفرع القناة الوسطى لتكون شبكة تخرج منها قناة إخراجية واحدة تفتح للخارج بالثقب الإخراجي الذى يقع على السطح البطنى خلف الشفة. وتُبطن الأنيبوبات الإخراجية بواسطة طبقة صلبة مغطاة بطبقة سيتوبلازمية. وتعتبر فجوة الأنيبوبات الإخراجية كفجوة داخلية لخلية ضخمة تقع نواتها فى القناة الوسطية (شكل ٤ ـ ٨٦جـ).

والجدير بالذكر أنه فى بعض أنواع الخيطيات الطفيلية قد اختفت الخلايا الغدية **renette cells** وتقوم بدور الإخراج وحدات عديدة وحيدة الخلية تفتح كل منها بفتحة مستقلة عن الأخرى. كما أن الأمونيا هى الفضلات الإخراجية الرئيسية فى الخيطيات، وإن كانت تتكون أحيانا من البولينا **urea** ولكن بنسبة منخفضة. كما يمر الماء الزائد فى الجسم من خلايا الجليد مباشرة.

الجهاز العصبى (شكل ٤ - ٨٧)

يتكون الجزء الأساسى من حلقة حولمريئية (المخ) مزودة بأزواج من عقد جانبية وبطنية (والتى تُلاحظ بوضوح فى الديدان الصغيرة). وتخرج من المخ ستة أعصاب مزودة بعقد عصبية تغذى الحلمات الشفوية وأعضاء الحس الموجودة فى المنطقة الأمامية



شكل (٤-٨٦) *رسم تخطيطى يوضح الجهاز الإخراجى فى الديدان الخيطية*

(الأمفيدات amphids إن وجدت). وتمتد إلى الخلف ستة أعصاب تجرى فى الخطوط الطولية الأربعة. وتشمل الأعصاب الخلفية الحبل الظهرى الحركى المزود بعقد عصبية صغيرة عند قاعدته، والحبل العصبى البطنى والمزود أيضا بالعقد العصبية وهو أكبرها، ويتصل الحبلان الظهرى والبطني بوحدات عرضية تمر فى الإكتودرم، كما تتصلان بالحلقة العصبية التى تقع خلف الفم. كما توجد أيضًا أربعة حبال جانبية (شكل ٤ ـ ٨٧) تمتد واحدة على كل جانب من الأنيبوبات الإخراجية التى توجد فى الخط الجانبى الأوسط. وهذه الأعصاب حسية. كما يُزود المرىء أعصاب من المخ، أما المعى الخلفى فمزود بعقدة عصبية شرجية تقع عند نهاية الحبل العصبى البطنى.

أعضاء الحس

أعضاء الحس في الخيطيات حرة المعيشة جيدة التكوين، وهى عادة بسيطة على شكل حلمات أو أشواك حسية وعلى وجه الخصوص على الرأس ووظيفتها أنها تعمل كمستقبلات كيميائية وتشمل أعضاء الحس الأساسية الآتية:

١ـ أعضاء الحس اللمسية الرأسية tactile cephalic sensilla، وهى إما شفوية أو بعد شفوية، ويبلغ عددها ١٦ مرتبة فى حلقة أو ثلاث حلقات، وقد تكون متحدة أو مزدوجة أو مختزلة.

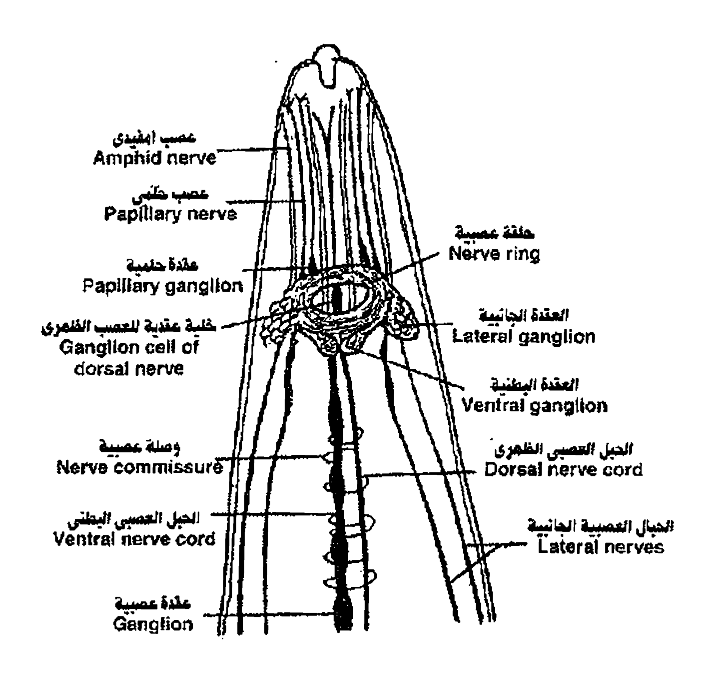
٢ـ الأمفيدات amphids: وهى مستقبلات المواد الكيميائية مع فتحاتها المميزة. وتوجد أساسًا فى الخيطيات البحرية، وتوجد عادة تحت الجلد أو خلف الشفاة الجانبية مباشرة أو على الطرف الأمامى (شكل ٤ ـ ٨٨).

٣ـ فازميدات phasmids: وعددها اثنتان، وهى تشبه الأمفيدات فى التراكيب، وهى عصبية إفرازية ذيلية أو بعد شرجية وتوجد عادة فى الخيطيات الطفيلية، وتفتح كل فازميدة بفتحة مستطيلة بواسطة قناة قصيرة توجد على جانبى الذيل (شكل ٤ ـ ٨٨).

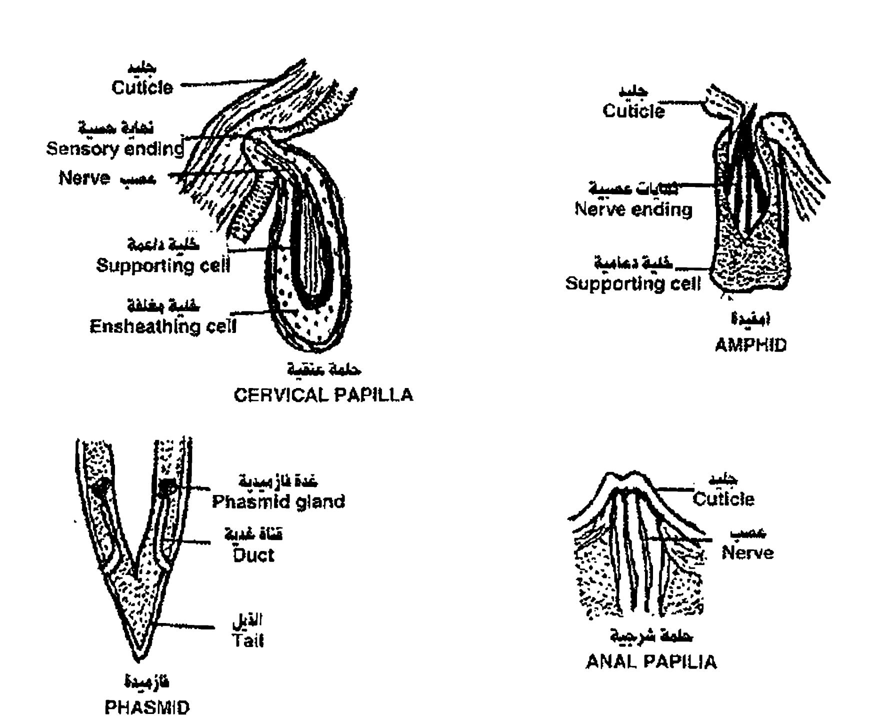
إسكارس لمبريكويدس *Ascaris lumbricoides*

الدودة الثعبانية، الدودة الأسطوانية الكبيرة Eel worm

طفيلى شائع يعيش فى الأمعاء الدقيقة للإنسان ـ وقد كان يعتقد أن نفس هذا النوع يتطفل على الخنزير ولكن اتضح أن الإسكارس الذى يصيب الخنزير هو نوع آخر إسكارس سيوم *A - suum*. ويتغذى الإسكارس على الكيموس **chyme** ولكن ليس

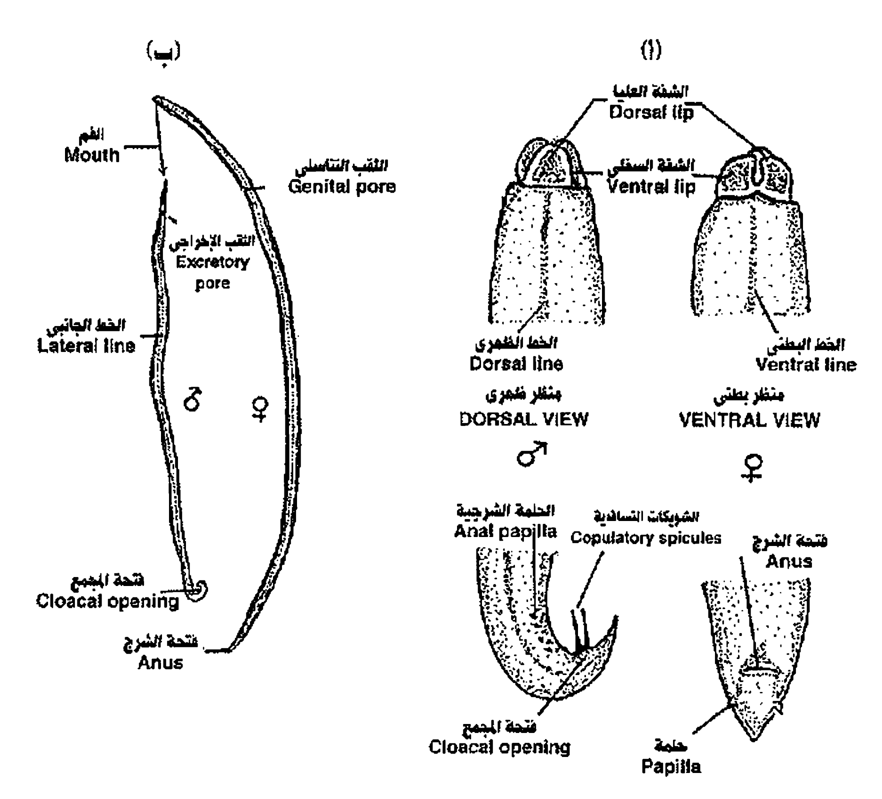


شكل (٤-٨٧) تركيب الجهاز العصبى فى الخيطيات



شكل (٤-٨٨) الأعضاء الحسية فى الخيطيات

على أنسجة العـائل، وفى حالات العدوى الخفيفـة يسبب اضطرابات فى البطن، ولكن فى العدوى الشـديدة يؤدى إلى إسهـال معـوى شديد، ضعف عـام، انسداد للأمـعاء، انسداد للقنوات الصفراوية والـقصبة الهوائية والتى قد تؤدى إلى الاخـتناق بسبب انتقال ديدان الإسكارس من المعدة مسـببة القيئ. كما أن غزو الأطوار المبـكرة لبعض الأعضاء الحيوية قد يؤدى إلى عدوى بالرئتين والكبد والكلية والمخ. ويعتقد أن المسئول جزئيًا عن بعض الاضطرابات المـعـوية قـد يكون فـضـلات الإسكارس وعلى وجـه الخـصـوص الأحـمـاض الدهنية التى يخـرجها الطفـيلى والتى تسبب آلاما فـى البطن وغثيـانًا. وقد تتفاوت الحساسية من شخص لآخر. وعندمـا يكون الإسكارس بأعداد كبيرة فقد يهاجر للقناة الصفـراوية والبنكرياسية والزائـدة الدودية والجيوب الأنفيـة، وأحيانا يهـاجر إلى المرىء ثم إلى الخارج من خلال فـتحة الأنف مما يؤدى إلى تلف خطير، وقـد قُدّر عدد المصابين فى العالم بما يربو من ٦٤٤ مليون نسمة.



شكل (٤-٨٩) دودة الإسكارس:

(أ) النهايتين الأمامية والخلفية لكل من الذكر والأنثى.

(ب) الدودة اليافعة.

ويُعتبر الإسكارس من أكبر الديدان الأسطوانية التي تتطفل على الإنسان فيتراوح حجم الإناث من ٢٠ ـ ٤٠ × ٥ ,٠ سم والذكور ١٥ ـ ٣٠ × ٣ ,٠ سم. وتتميز الذكور أنهما أقل ثخانة من الإناث ولها نهاية خلفية منحنية (شكل ٤ ـ ٨٩، ٩١أ). ويميل لون الدودة من الأبيض إلى المائل للصفرة.

ويغطي الجسم جليد سميك يتميز بتخطيطات دقيقة. ويوجد في الطرف الأمامي فم ثلاثي يُحاط بثلاث شفاة محببة (شكل ٤ ـ ٨٩) واحدة ظهرية واثنتان بطنيتان جانبيتان، وتزود كل شفة بزوج من الحلمات الحساسة. وتوجد فتحة الشرج (في الأنثى) أو المجمع **cloaca** في الذكر، في شق بطني يوجد على مسافة قصيرة من الطرف الخلفي. أما الفتحة الإخراجية فتفتح في منتصف السطح البطني على بعْد مسافة قصيرة من الفم. وتفتح الفتحة التناسلية الأنثوية (فتحة المهبل **vulva**) على السطح البطني في منتصف نهاية الثلث الأمامي من الجسم.

الجهاز الهضمي والتغذية

يتكون من ثلاثة أجزاء: المعي الأمامي والمتوسط والخلفي. ويتكون المعي الأمامي من بلعوم ماص قصير اكتودرمي ينتهي ببصلة قمية **apical bulb**. والبلعوم أسطواني له فجوة مميزة على شكل حرف **"Y"** ومزود بثلاثة ميازيب ومبطن بالجليد. أما المعي المتوسط فيتكون من أنبوبة طويلة مبطنة بطلائية عمادية بسيطة مزودة بحافة طليقة بها خملات دقيقة (شكل ٤ ـ ٩٢). وقد كان من المعتقد أنها تمثل أهدابا متصلة غير متحركة. ولا يوجد بها غدد أو طبقة عضلية. ويشمل المعي الخلفي أنبوبة قصيرة ضيقة هي المستقيم المزود بعدد قليل من الألياف العضلية، وهو مبطن بطبقة جليد رقيقة. ويفتح المستقيم للخارج بفتحة الإست في الأنثى. أما في الذكر فيؤدى إلى المجمع الذى تتجمع فيه الفضلات والنواتج التناسلية (شكل ٤ ـ ٩١ أ).

ويتغذى الإسكارس على الغذاء المهضوم جزئيًا على شكل مادة نصف سائلة يمتصها من أمعاء عائله بواسطة بلعومه العضلي الماص. ويتم الهضم خارج الخلايا ثم يُمتص الغذاء المهضوم بواسطة الخلايا المبطنة للأمعاء، ثم يوزع على جميع أجزاء الجسم بواسطة حركات الجسم من خلال السائل الذى يملأ السيلوم الكاذب والذى يعمل كجهاز دوري. ويُطرد الغذاء المهضوم من خلال فتحة الإست (في الأنثى) أو المجمع (في الذكر). ويحتوى السيلوم الكاذب على سائل مهيج يحتوى على مادة سامة هي إسكاريز وهو البيممنيز أولي **albuminase** وتسبب هذه المادة حساسية للأشخاص المصابين بالطفيلي. حتى للأشخاص الذين يتداولون هذه الديدان أو يستخدمونها في الدراسات.

تكون مناسل الإسكارس على شكل خيط متصل شبيهه بالأنبوبة وملتفة كثيرًا، وتشمل معظم التجويف الجسمي. ولا غرو فتركيب تلك المناسل (سواء الخصى أو المبايض) مبنى على نفس النمط، فهى مميزة إلى ثلاثة قطاعات (شكل ٤ ـ ٩٢): النهاية الطرفية للمنسل وتتكون من كتل صلبة من خلايا جرثومية **germinal cells**، يلى ذلك منطقة النمو حيث يوجد محور مركزى تترتب حوله مكونات الأمشاج **gametogonia** على شكل شعاعى وتستمد غذاءها منه، أما الجزء الأخير من المنسل الذى يتصل بالقنوات التناسلية فتوجد فيه الخلايا المشيجية طليقة فى التجويف المنسلى (شكل ٤ ـ ٩٢) قبل تكوين الأمشاج (الحيوانات المنوية والبويضات).

ويتركب **الجهاز التناسلي الذكرى** (شكل ٤ ـ ٩٠) والذى يوجد فى المنطقة الأمامية من خصية واحدة خيطية الشكل تفتح بالتدريج فى وعاء ناقل **vas deferens** لنقل الحيوانات المنوية إلى الحويصلة المنوية **seminal vesicle** لتخزين الحيوانات المنوية والتى تتصل بالمستقيم من الناحية البطنية من خلال أعور قصير ضيق عضلى غدي وهى القناة القاذفة **ejaculatory duct** التى تحمل الحيوانات المنوية إلى المجمع **cloaca** (شكل ٤ ـ ٩١ أ). ويوجد على السطح الظهرى للمجمع زوج من أكياس عضلية يُطْلق عليها الأكياس القضيبية. ويحتوى كل كيس على شوكة قضيبية تسافدية **copulatory seta**، وهو تركيب جلدى له لب سيتوبلازمى. وتبرز كلتا الشوكتين التسافديتين من فتحة المجمع خلال عملية التسافد (شكل ٤ ـ ٩١ أ) وتضمن التحام فتحتى التناسل الذكرية والأنثوية وبذلك تساهم فى نقل الحيوانات المنوية إلى الأنثى. ومما يساعد تلك الوظيفة وجود صفيحة كيتينية يطلق عليها دقة الخصية وتوجد فى جدار المجمع. والحيوانات المنوية للإسكارس بعد تكوينها تكون مستديرة فى القناة الناقلة ثم تمر للحويصلة المنوية حيث تأخذ شكل أقراص أميبية ليس لها ذيول وتحتوى على بقعة كروماتينية دقيقة (شكل ٤ ـ ٩١ ب) وهى متحركة عند انتقالها للإناث.

ويتكون **الجهاز التناسلي الأنثوى** (شكل ٤ ـ ٩٠) من زوج من المبايض أحدهما أمامى والآخر خلفى، ويؤدى كل مبيض إلى قناة مبيض تتسع إلى مستقبل للحيوانات المنوية (المستودع المنوى) ـ يُستخدم فى خزن الحيوانات المنوية حيث يحدث الإخصاب ـ والذى يتحد خلال عضلة عاصرة برحم (الأنبوبة الرحمية) متسع عضلى حيث يختزن البيض المخصب وتفرز بطانة الرحم مادة المح وقشرة البيضة، ويحيط جدار الرحم طبقة خارجية من عضلات مائلة وطبقة داخلية من العضلات الدائرية. ويتحد الرحمان اللذان

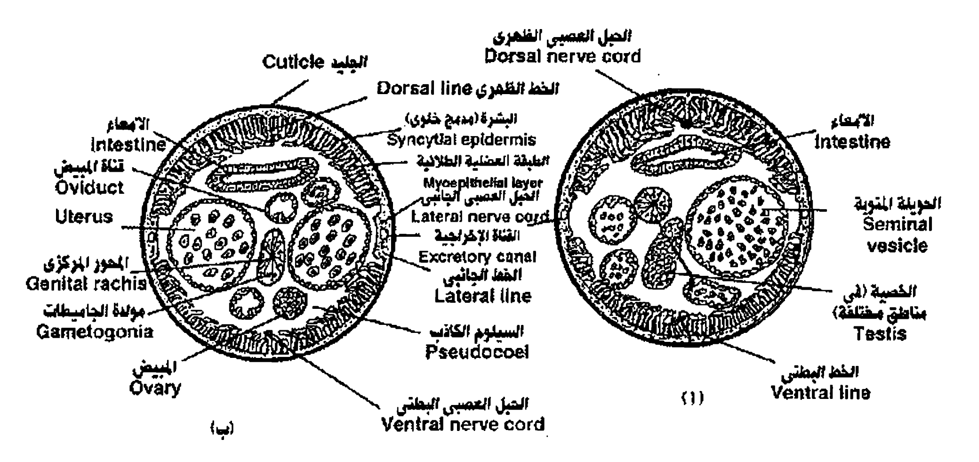
♀ الأنثى
♂ الذكر
الفم Mouth
البلعوم Pharynx
الثقب التناسلي Genital pore
Vagina المهبل
المبيض الأمامي Anterior ovary
الرحم Uterus
Posterior ovary المبيض الخلفي
المستودع المنوي Spermatheca
أمعاء (المعى المتوسط) Intestine (Midgut)
المستقيم (المعى الخلفي) Rectum (Hindgut)
Anus فتحة الشرج
قناة المبيض Oviduct
الخصية Testis
الوعاء الناقل Vas deferens
الأمعاء Intestine
الحوصلة المنوية Seminal vesicle
أشواك التسافد Copulatory spicules
المجمع Cloaca

شكل (٤-٩٠)
الجهاز التناسلي لدودة الإسكارس

(ب)
(أ)
جدار الجسم Body wall
السيلوم الكاذب Pseudocoel
الحويصلة المنوية Vesicula seminalis
القناة القاذفة Ejaculatory duct
المستقيم Rectum
الأكياس القضيبية Penial sacs
الأشواك التسافدية Copulatory spicules
الشرج Cloaca

شكل (٤-٩١)

(أ) الجزء الخلفي في ذكر الإسكارس. (ب) الحيوان المنوي.



شكل (٤-٩٢) *قطاع عرضي في الإسكارس في منطقة الأمعاء المتوسطة*

يمتدان، الواحد مـوازيا الآخر، معا ليكون رحما مـشتركا غيـر عضلى يؤدى إلى أنبوبة ضيقة سمـيكة الجدار هى المهبل، والمبطن بجليد ويفتح بالثقب التناسلى الأنثـوى بفتحة الفرج (الحيا **vulva**) التى تقع فى منتصف السطح البطني للثلث الأول من الجسم.

تاريخ الحياة (شكل ٤ - ٩٣)

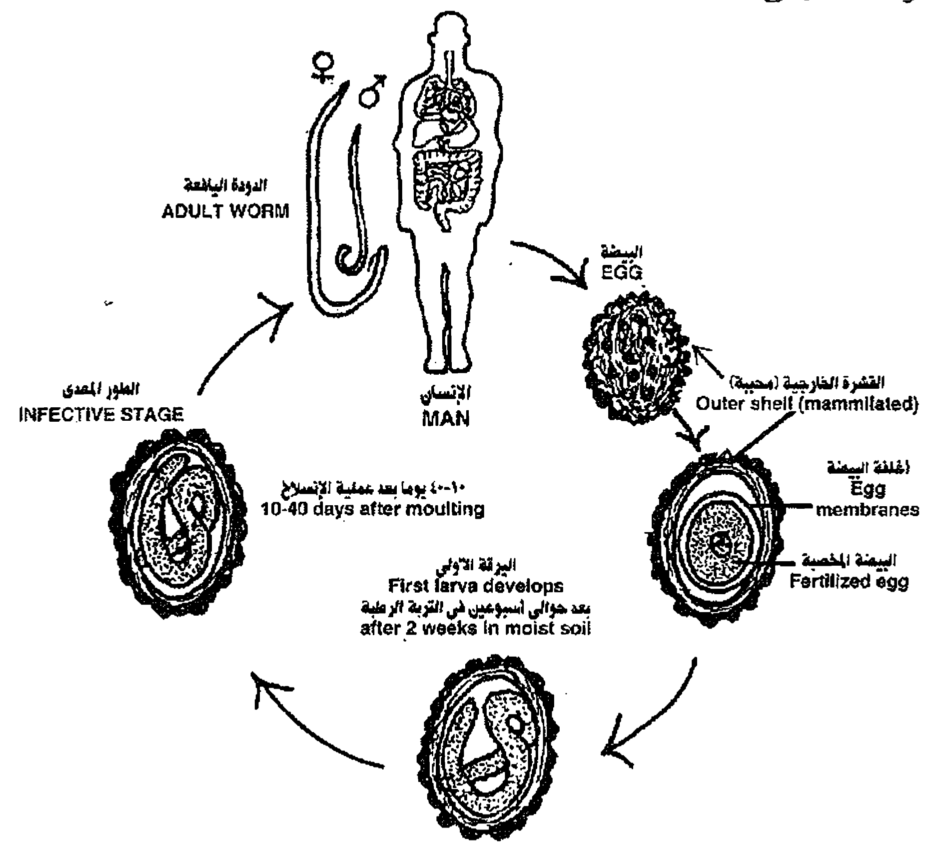
بعد عملية التسافد تُخْتـزن الحيوانات المنوية فى المستودع المنوى والجزء القريب من الرحم حيث تتم عملية الإخصاب ويُزوِّد البيض بغـشاء محى رقيق ويغطيه غشاء مزدوج رقيق شـفاف من مادة بروتينية دهنيـة يفرزها الزيجوت، وعند مـرور البيض فى الرحم يُفْرز حوله قـشرة خارجية محـببه **mammilated** تتكون من بروتين زلالى. وقد تضع الأنثى الواحدة حوالى ٢٠٠ ألف بيضة يوميا (من ٣١ ـ ٦٠ مليون بيضة خلال العام)، ثم ينطلق البيض إلى الخارج من فتحة المهبل.

ويخرج البيض إلى الخارج مع البراز حيث يمكنه المعيشة فى التربة لمدة ٥ سنوات. والجدير بالذكر أن بيض الإسكارس ذات مقاومة غير عادية للظروف البيئية حتى يمكنه أن يعيش فى التربة الرملية أو على النباتات الخضراء. وقد لُوحظ أن بيض الإسكارس يمكن أن يعيش لـسنوات فى محلول الفـورمالين المخفف، وكـذلك فى المحاليل المطـهرة التى تستخدم للتعقيم، كما يمكن للبيض أن يقاوم الجفاف ونقص الأكسجين. وقد وُجد بيض الإسكارس فى مياه الأنهار بعد إطلاقها مع مياه الصرف الصحى.

ويوُضع البيض، وهو فى طور مـبكر من النمو ويكون كرويا أو بيضـاويا يتراوح طوله من ٦٠ ـ ٧٥ ميكرونا، ويحتوى على بيضة غير منقسمة مع وجود بقعة رائقة عند كل قطب. أما البيض غير المخصب فهو مستطيل وأكثر بيضاوية ويبلغ طوله حوالى ٨٠ ميكرونًا، وتكون القشرة أقل ثخانة وتحتوى على بيض متحلل به كتل من حبيبات كاسرة للضوء **refractile** بأحجام مختلفة. ويُلاحظ أن البـيض الذى وضع حديثا غير معدى، إذا لم يمر بفترة نمو. ويُقْتل البيض فى عدة ثوانى عند درجة ٦٠ْم، وكذلك عند التعرض لضوء الشمس المباشر.

وتحت الظروف البيئية المناسبة من درجة الرطوبة والحرارة (أعلى من ١٦ْم) ووجود الأكسـجين وغياب التـحلل ينمو الجنين داخل البيـضة فى التربة إلى يرقـة توجد داخل القشرة وذلك بعـد حوالى أسبوعين (طبقـا لدرجة الحرارة). وبعد عمليـة انسلاخ خلال الأسبـوع الثانى يتكون الطور اليـرقى الثانى داخل قشـرة البيضـة وهو الشكل الرابديتى **rhabditiform** وهو الطور المعـدى. والفترة التى يتكـون فيهـا الطور الرابديتى الشكل

وهو الطور المعدى (شكل ٤ ـ ٩٣) تستغرق ٨ ـ ٥٠ يوميا تتوقف على درجة حرارة الوسط الخارجى.



شكل (٤-٩٣) *دورة حياة دودة الإسكارس*

وعندما يبلع أحد الأشخاص البيض الذى يحتوى على الطور المعدى مع غذاء ملوث وعادة تكون تلك الملتصقة على الخضروات (مثل الخس، والفجل أو الجرجير وغيره) التى لا تُغسل جيداً، أو شرب ماء به بيض أو النقل بالمصادفة للتربة التى تحتوى على البيض، أو عندما يضع الأطفال أصابعهم الملوثة بالتربة أو لعبهم فى أفواههم أو حتى عندما يستنشق أحد الأشخاص الأتربة التى تحتوى على الطور المعدى، يمر البيض إلى المعدة دون أى تأثير ومنها لـلإثنى عشر حيث تضعف قشرة البيضة بفعل الأنزيمات الهاضمة التى تُحفز اليرقة للنشاط، وبعد ذلك يفقس البيض فى الجزء العلوى من الأمعاء عن اليرقات الرابتيدية الشكل والتى يتراوح طولها من ٠,٢٥ إلى ٠,٣ مم.

وتخترق هذه اليرقات اليافعة جدار الأمعاء مباشرة أو يحملها الدم للكبد وتعيش فى الكبد لفترة ٣ ـ ٤ أيام، وخلال مرور اليرقات فى الكبد تسبب انتفاخات ضبابية وتحلل دهنى، وقد تخترق أعداد قليلة من يرقات الإسكارس جدار الإثنى عشر وتمر إلى الأعضاء الداخلية ثم تثقب المحفظة الخارجية للكبد مما يؤدى إلى نزيف داخلى. وفى كلتا الحالتين تنتقل اليرقات من الكبد إلى القلب ومن خلال الشرايين الرئوية إلى الرئتين حيث تبقى لمدة حوالى ١٠ أيام وتنمو فى الحجم (من ٠,٣ ـ ٢ مليمتراً فى الطول) ثم تنسلخ مرتين وبذلك يتكون الطور اليافع الرابع (يكون الانسلاخ الثانى من ٥ ـ ٦ أيام والثالث بعد حوالى ١٠ أيام). ثم يخترق الطور الرابع الحويصلات الرئوية التى تحتوى على شبكة من الشعيرات الدموية، ثم تترك تيار الدم وتدخل فى تجاويف الحويصلات الهوائية إلى تجويف الرئتين حيث تسبب التهابًا رئويًا خطيرًا وارتفاعًا فى درجة الحرارة وزيادة فى الخلايا الأيوسنية البيضاء. ثم تهاجر الديدان اليافعة إلى أعلى الرئتين من خلال القصيبات فالقصبة الهوائية حيث تغزو البلعوم ويتم بلعها مع اللعاب حتى تصل إلى المعدة والجزء الأعلى من الأمعاء الدقيقة. وتستغرق فترة الهجرة فى الرئتين حوالى ١٠ ـ ١٥ يومًا.

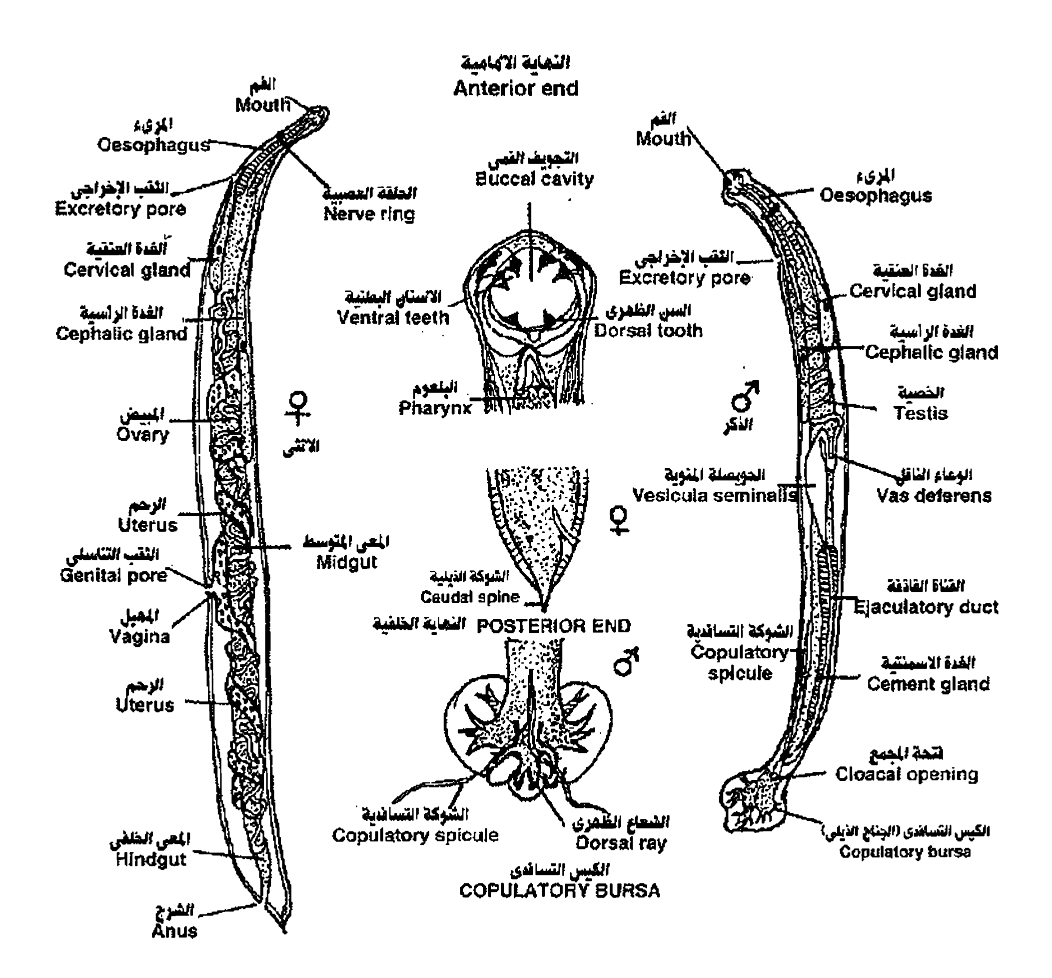
وفى الأمعاء الدقيقة يتم الانسلاخ الرابع وتخرج الديدان اليافعة وهو الطور الخامس الذى يصل إلى طور النضج بعد ٦ ـ ٩ أسابيع. وتكون لها القدرة على وضع البيض (أى بعد حوالى شهرين إلى ثلاثة أشهر منذ دخول البيضة إلى أمعاء العائل). وتعيش الديدان البالغة من ١٢ ـ ١٥ شهراً داخل الأمعاء. وقد تحدث عرضا أن تَبْرَزَ أحد الديدان المتجولة من فتحة الإست أو تدخل الحلق أو القصبة الهوائية أو قناة إستاكيوس والأذن الوسطى.

٣.انكلستوما ديودينالى *Ancylostoma duodenale*

الدودة الخطافية الشائعة Common hookworm

يُطْلق عليها دودة العالم القديم الخطافية تمييزًا لها عن دودة العالم الجديد الخطافية نكتور أمريكانس *Necator americanus*، وهى من الطفيليات الشائعة والخطيرة التى تعيش بأعداد كبيرة فى الأمعاء الدقيقة للإنسان وعلى وجه الخصوص فى المعى الصائم، كما قد توجد الديدان فى اللفائفى السفلى والأعور. وتنتشر إنكلستوما ديودينالى فى المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية حيث تكون درجة الحرارة ملائمة لنمو اليرقات فى التربة بين خط عرض ٤٠ْ شمالا، ٣٠ْ جنوبا، وتنتشر فى أفريقيا أوروبا وسيرلانكا والصين الجنوبية والوسطى وولايات أمريكا الجنوبية. أما دودة العالم الجديد الخطافية ـ

نكتور امريكانوس ـ فهي النوع الشائع في أمريكا الشمالية. وقد استقدم من أفريقيا. وتعرف على هذه الديدان بالخطافية لأن الطرف الأمامي ينثني ظهرياً بما يشبه الخطاف (شكل ٤ ـ ٩٤).



شكل (٤-٩٤) *دودة الإنكلستوما (الدودة الخطافية)*

والانكلستوما من أخطر الطفيليات الخيطية التي تصيب الإنسان، حيث تلتصق بالغشاء المخاطي للأمعاء وتمتص الدم، وسوائل الجسم والإفرازات المخاطية للعائل بواسطة الحركات الانقباضية والانبساطية للمرئ البلعومي. وقد قُدّرت كمية الدم التي تفقد يوميا بواسطة دودة واحدة من ٢,٠ ـ ٨,٠ مم^{٣} من الدم؛ ولذلك ففي العدوى الكثيفة بهذا الطفيلي ـ وهو أمر شائع وعلى وجه الخصوص في الأطفال ـ يفقد الشخص

كميات كبيرة من الدم مما يؤدى إلى حدوث أنيميا شديدة وعوز للحديد. وفى الأطفال قد تؤدى الإصابة بالدودة الخطافية إلى تأخر فى النمو البدنى والعقلى. ويمكن للدودة أن تعيش فى أمعاء الإنسان لحوالى ٣ - ٤ سنوات.

ومن الجدير بالذكر أن هناك أنواعًا أخرى من الديدان الخطافية التى تتطفل على الثدييات (القردة والكلاب والخنازير والقطط وغيرها). وتشبه الإنكلستوما فى تركيبها والأعضاء الداخلية طفيلى الإسكارس مع بعض الاختلافات.

الشكل العام والتركيب

الأجناس منفصلة ويصل طول الذكر البالغ ٨ - ١١ مم وقطره ٠,٥ مم، أما الأنثى البالغة فهى أطول حيث يتراوح طولها من ١٠ - ١٨ مم ومتوسط قطرها ٠,٦ مم. وتبدو الديدان مائلة للإحمرار نظرًا للدم الموجود فى أمعائها. ويقع الفم الخالى من الشفاة على السطح الظهرى الأمامى ويكون محاطا بمحفظة فمية فنجانية الشكل جيدة التكوين، وتبطن المحفظة الفمية بطبقة جليد صلبة تحمل زوجين من الأسنان المنحنية أو الصفائح على السطح البطنى. أما على السطح الظهرى فيوجد زوج واحد من الأنصال المثلثة الشكل (٤ - ٩٤). وتستخدم هذه الأسنان فى التعلق بجدار الأمعاء وإحداث ثقوب فى الغشاء المخاطى. وبينما يكون الطرف النهائى للأنثى مدببا وينتهى بشوكة ذيلية حادة، فإنه فى الذكر يكون مفلطحا ناقوسى الشكل ويكون له جناح ذيلى أو كيس سفادى **bursa copulatrix** ثلاثى منتظم مدعم بستة أشعة كيتينية وشعاع ظهرى صغير مقسوم فى طرفه. كما يوجد زوج من شويكات التسافد الرقيقة. أما الإست فتكون فتحته قبل الطرف النهائى. وتوجد الفتحة التناسلية للأنثى (فتحة الحيا **vulva**) فى منتصف الثلث الأوسط من الجسم على السطح البطنى. أما الفتحة الذكرية فتفتح عند الطرف الخلفى وتفتح فى المجمع الذى يفتح للخارج.

التغذية

تتغذى الإنكلستوما على الدم وسوائل الأنسجة والمواد المخاطية للعائل. وهى مهيأة تركيبيا للتعلق بأمعاء العائل باستخدام المحفظة الفمية والمزودة بأسنان أو صفائح حادة، إضافة إلى ذلك فالبلعوم عضلى ماص يقوم بالشفط المستمر لسوائل دم العائل والتى تُطْرد من الإست. ولتسهيل عملية التغذية تفرز ديدان الإنكلستوما مواد مانعة للتخثر بواسطة غدد رأسية **cephalic glands** تمنع تجلط الدم مما ييسر الشفط المستمر للدم الشريانى. وعادة ما تشفط الدودة الواحدة دماء أزيد من حاجتها؛ لذلك فإن

فضلاتها تحتوى على كريات دم غير مهضوم. وقد وُجد أن حوالى ٥٠٠ دودة قد تستهلك حوالى ٣٠٠ مليلترًا من الدم يوميا. وعادة ما تترك الدودة الجروح التى سببتها وتنتقل إلى مكان آخر، مما يؤدى إلى نزف الدم وفقد كميات كبيرة منه والذى عادة يظهر فى براز الشخص المصاب.

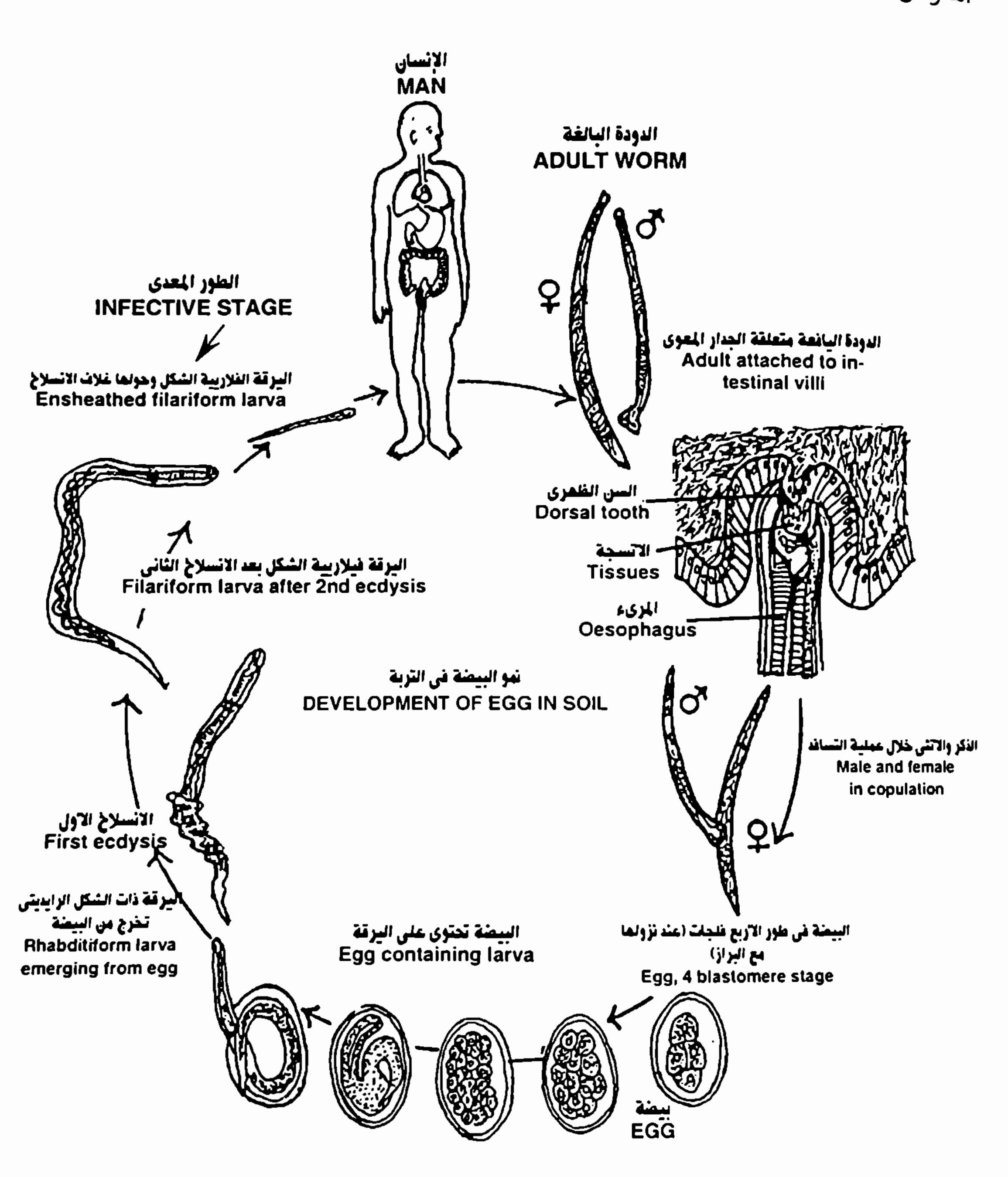
تاريخ الحياة (شكل ٤ - ٩٥)

يتم التسافد بين دوتين بالغتين. إذ تُحاط القناة القاذفة للذكر بواسطة غدتين عديدتى الخلايا يُطْلق عليها الغدد الأسمنتية أو غدة البروستاتا، والتى تفرز مادة لاصقة تعمل على لصق الكيس السفادى للذكر إلى جسم الأنثى خلال عملية التسافد، وخلال هذه العملية يكون كيس التسافد للذكر فى نفس مستوى الفتحة التناسلية الأنثوية، وبذلك يكون شكل الذكر والأنثى خلال عملية التسافد هو حرف "y" (شكل ٤ ـ ٩٥).

وبعد عملية التسافد حيث تنتقل الحيوانات المنوية من الذكر للأنثى، يتم إخصاب البيض وتضع الأنثى آلافا من البيض يوميا (حوالى ٢٠ ـ ٣٠ ألف بيضة يوميا). وقد يصل عدد البيض الذى يخرج مع براز شخص مصاب حوالى ٨٠٠ ألف إلى مليون بيضة لسنوات طويلة. وعند خروج البيض مع براز المصاب فإنها تكون فى طور الأربعة فلجات (ونادرًا ٨ فلجات)، مع وجود مسافة واضحة بين الجنين والقشرة (شكل ٤ ـ ٩٥). والبيض بيضاوى طوله حوالى ٦٥ ميكرونا ويكون محاطًا بغشاء قشرى رقيق أملس. والبيض الذى يخرج مع البراز ليس معديا ويمكن أن يتحمل درجة حرارة من ١٠ ـ ٤٥°م وأن فترات من الجفاف أو برودة قارصة أو جو حار وطقس مشمس قد يؤدى إلى قتل أعداد كبيرة من البيض. وتحت ظروف مناسبة من الحرارة (أعلى من ١٦°م) والرطوبة والأكسجين ينمو البيض ثم يفقس خلال يوم أو يومين.

وتشبه اليرقة الأولى أحد الخيطيات من جنس رابديتس ***Rhadbditis*** لذلك يُطْلق عليها اليرقات ذات الشكل الرابديتى **rhabditiform** والتى يبلغ طولها حوالى ٢٥٠ ميكرونا وتتغذى اليرقات رابديتية الشكل على بكتريا التربة ثم تنسلخ مرتين لتكون اليرقتين الثانية والثالثة. وتبقى اليرقة الثالثة محاطة بالجلد القديم ويُطْلق عليها اليرقة الفيلاريية (شكل ٤ ـ ٩٤) **filariform larva** نظرا لمشابهتها لنوع من الخيطيات هو الفيلاريا ***Filaria***. ويبقى جلد اليرقة الثانية كغطاء سائب حول اليرقة الثالثة ليحميها من الظروف البيئية غير المناسبة. وتوجد اليرقة الثالثة عادة بأعداد هائلة فى التربة فى مجموعات كل مجموعة تحتوى على حوالى ألف يرقة. وتعتبر اليرقة الفيلاريية الشكل هى الطور المعدى، وهو طور غير مغتذى ونشط جدًا، وله استجابة سالبة للجاذبية

الأرضية والاحتكاك صاعدًا دائمًا إلى أعلى التربة، كما أنه ينجذب نحو الحرارة. ويمكن لهذه اليرقات أن تعيش فى التـربة المبللة لمدة ٤ ـ ٨ أسابيع، وفى التربة المبللة الباردة لمدة ٦ أشهـر مستـخدمة المواد الغـذائية المختـزنة. وتُقتل اليـرقات فى التربة الجـافة أو عند التعرض لضوء الشمس المباشر.



شكل (٤-٩٥) دورة حياة دودة الإنكلستوما

وتنجذب اليرقات الفيلاريية الشكل إلى الجلد الرطب عندما يسير الإنسان حافى القدمين أو يستحم أو يغسل يديه فى الماء الذى يحتوى على هذه اليرقات، وهى عادات سائدة فى كثير من البلاد الحارة. ويمكن للطور المعدى أن يدخل جسم الإنسان من خلال الفم عند تناول غذاء أو شرب ماء ملوث بالطور المعدى. وعادة يخترق الطور المعدى جسم الإنسان فى المنطقة بين الأصابع أو من خلال شعيرات الجلد الدموية، أو الجزء الأعلى للقدم. أو الجزء الداخلى للكف، أو أى جزء حيث يكون الجلد رقيقًا وقد يحدث بعض التلوث البكتيرى فى المناطق التى تخترقها اليرقات. وبمجرد أن يدخل الطور المعدىّ الأنسجة تحت الجلدية، فإنها تدخل فى الأوعية الليمفاوية فالشعيرات الدموية الدقيقة حيث تحملها الدورة الدموية الوريدية إلى الجانب الأيمن من القلب، ثم تنتقل من القلب إلى الرئتين حيث تسبب مضاعفات خطيرة وعلى وجه الخصوص إذا كانت بأعداد كبيرة. وتبقى اليرقات فى شبكة الشعيرات الدموية للرئة لبعض الوقت، ثم تخترق الشعيرات الدموية وتدخل الحويصلات الهوائية للرئة أو الأكياس الهوائية ومنها تُحمل بواسطة الحركة الهدبية من القصيبات الهوائية فالقصبة الهوائية حتى تصل إلى البلعوم حيث تُبلع مع اللعاب خلال المرىء ومنها إلى المعدة فالأمعاء.

وتستغرق اليرقات منذ اختراقها للجلد حتى تصل الأمعاء من ٣ ـ ٧ أيام. وخلال عملية هجرة اليرقة الفيلاريية الشكل تنسلخ الانسلاخ الثالث ويتكون لها محفظة فمية. وعند وصولها للأمعاء تنسلخ الانسلاخ الرابع وتتحول المحفظة الفمية إلى محفظة فمية مؤقتة حيث تكون فتحة الفم متجهة للسطح الظهرى، ولكنها خالية من الأسنان. وفى اليوم الخامس عشر تسقط المحفظة الفمية المؤقتة ثم تأخذ اليرقة شكل الديدان البالغة وتلتصق بأسنانها الحادة بالغشاء المخاطى. وخلال ٣ ـ ٥ أسابيع تنضج الديدان جنسيًّا. وتبدأ الأنثى التى تحتوى على البيض المخصب فى وضع بيضها يوميا. وقد وجد أن المدة التى تستغرقها الديدان منذ أن يخترق الطور المعدى الجلد حتى ظهور البيض فى براز الشخص المصاب هى ٥ ـ٦ أسابيع. والجدير بالذكر أنه قد تحدث العدوى من ابتلاع اليرقات فى الغذاء أو الماء مباشرة وفى هذه الحالة تنمو اليرقة مباشرة فى الأمعاء دون القيام برحلتها داخل الجسم.

وقد لوحظ أن العدوى البسيطة المتكررة بالإنكلستوما تعطى مناعة تامة ضدها فتُطرد الديدان التى فى الأمعاء، كما أن اليرقات عند اختراقها الجلد تُحاط براسب حولها يحول دون حركتها ثم تتحلل بعد ذلك.

إنتروبيوس (أوكسيورس) فارمكيولارس

Enterobius (oxyuris) vermicularis

الدودة الدبوسية - الخيطية Pinworm - thread worm

طفيلى شائع فى جميع أنحاء العالم وعلى وجه الخصوص فى البلاد الدافئة، وفى بعض التجمعات قد تصيب ٤٠٪ أو حتى ١٠٠٪ من الأطفال. وقد قُدّر عدد المصابين فى العالم بما يربو على ٢٠٤ مليون نسمة.

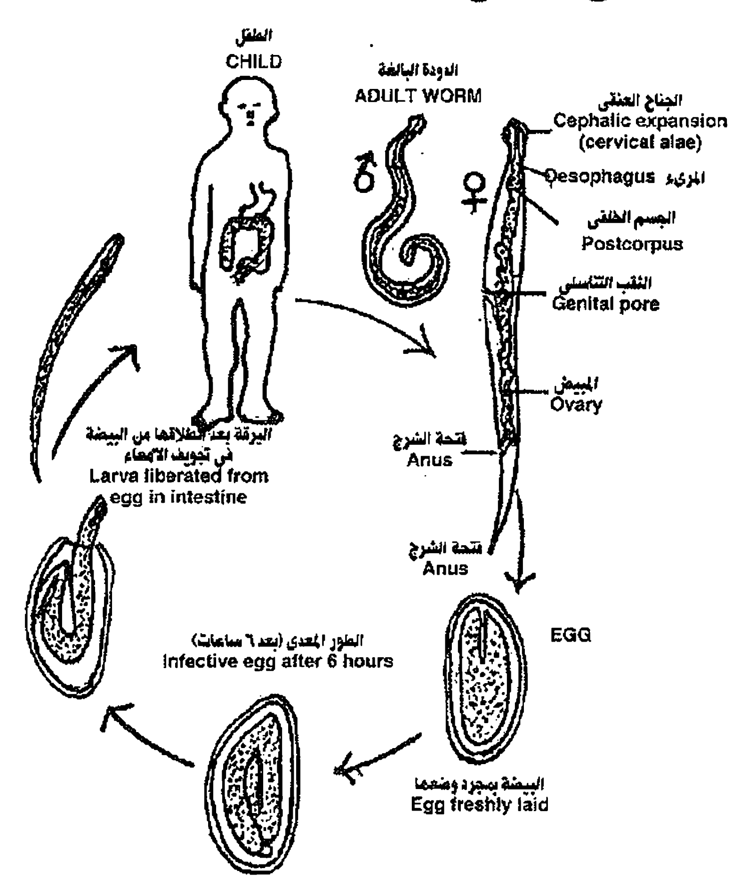
وتعيش الدودة اليافعة فى القولون والأعور، ونهاية الأمعاء الدقيقة وأحيانا فى الزائدة الدودية للإنسان وعلى وجه الخصوص فى الأطفال. وعادة ما تكون ملتصقة بسطح الغشاء المخاطى، وأحيانًا تتحوصل داخل الطبقة المخاطية. واسمها الشائع الدودة الخيطية نظرًا لمشابهتها بخيط رفيع، أو الدودة الدبوسية لأنها على شكل دبوس وأحيانا يطلق عليها دودة المقعد **seat worm**.

الشكل والتركيب

الإناث الناضجة جنسيا (لوحة رقم ٤ ـ ١٠) أطول من الذكور إذ يتراوح طولها من ٩ ـ ١٣,٥ مم وقطرها ٠,٦ من المليمتر. وتتميز بذيل مستدق مستقيم ومدبب. وتوجد الفتحة التناسلية الأنثوية عند نهاية الثلث الأول من الجسم أمام قاعدة المرىء. أما الذكر فهو أصغر وأرفع من الأنثى ويتراوح طوله ٢ ـ ٥ مم وقطره ٠,٢ مم، وله ذيل منحنى مزود بشوكة تسافدية واحدة (شكل ٤ ـ ٩٦). وعادة ما تكون الذكور قليلة لأنها تموت بعد عملية التزاوج. وتموت الإناث المثقلة بالبيض بعد أسبوعين أو ثلاثة أسابيع.

ويوجد عند الطرف الأمامى لكلا الجنسين اتساع جناحى الشكل يُطلق عليه الجناح العنقى **cervical alea** (شكل ٤ ـ ٩٦) الذى يُستخدم للالتصاق بالطبقة المخاطية. ويحيط الفم ثلاث شفاة صغيرة ولا يوجد تجويف فمى. ويتميز المرىء العضلى الهراوى الشكل (شكل ٤ ـ ٩٦) بوجود بصلة **bulb** كروية واضحة عند جزئه الخلفى مزودة بصفيحتين ماضغتين. والمبايض مزدوجة، وتتغذى الديدان الخيطية على محتويات الأمعاء الغليظة، ولكن يتواجد أحيانا دم العائل فى أمعائها. وعادة يُصاب الشخص الواحد بعدة آلاف من هذه الدودة.

بعد عـملية التزاوج يموت الذكر. أما الإنـاث بعد الإخصـاب فيمـتلئ رحمـها بالبيض؛ لذلك لا يمكن أن تثبت نفـسها فى الغشاء المخاطى للعـائل. لذلك تهاجر إلى المستقيم حيث تزحف للخارج من فتحة الشرج خلال الليل، ثم تنفجر وتضع كل بيضها فى المنطقة حـول الشرجيـة ثم تموت. وقد تضع الأنثى الواحـدة حوالى ١٠ ـ ١٥ ألف بيضة. وقد تخرج الإناث مع البراز حيث تُطلق البيض بعد موتها.



شكل (٤-٩٦) *دورة حياة الدودة الدبوسية انتروبيوس فارمكيولارس*

Enterobius vermicularis

وبيض الدودة الدبوسـيـة لا لون له، غـير منتـظم الشكل ذا سطح بطنى مـبطط وسطح ظهرى محـدب ويتراوح طوله من ٥٠ ـ ٦٠ ميكرونا وتحيطه قشـرة شفافة ذات طبقتين (شكل ٤ ـ ٩٦ لوحة رقم ٤ ـ ١٠). وينـمـو البيـض عـلى جلد المصاب خلال

٥ ـ ٦ ساعات ليعطى جنينًا ناضجا داخل القشرة. وينتقل البيض وبداخله اليرقة إلى الأمعاء مع الأكل وكذلك بالعدوى الذاتية للمريض حيث يلتصق البيض بأصابع الشخص المصاب لأنه لزج وبذلك يسهل تلوث الأصابع به من خلال استخدامها فى حك المنطقة حول الشرجية وعلى وجه الخصوص الأطفال، كما تتم العدوى بالاتصال المباشر بين المصابين والأصحاء، أو مجرد الابتلاع المباشر للبيض الذى يكثر فى هواء وأتربة حجرات النوم. ويفقس البيض بفعل الأنزيمات الهاضمة التى تذيب القشرة وفى الحال تغزو الخبايا الغدية حيث تتكور في الغدد والنسيج الضام. وبعد شهرين تهاجر من الأمعاء الدقيقة إلى الأمعاء الغليظة حيث يتم نُضجها.

وقد يفقس البيض حول فتحة الشرج، وتدخل منها الديدان اليافعة إلى المستقيم، وإذا كان المصاب أنثى فقد تدخل إلى المهبل بطريق الخطأ، ويتبع نشاط الديدان اليافعة والبالغة حكة شديد وإثارة للمنطقة حول الشرجية.

والجدير بالذكر أن بيض الديدان الدبوسية شديد المقاومة. وهو يُقْتل بالتجفيف المباشر فى ضوء الشمس وقد سُجلْت نسبة عالية فى هواء غرف المصابين بهذا الطفيلى.

ترايكينيلا سبيرلارس *Trichinella spiralis*

دودة الترايكينا (الترخينة) Trichina worm

(الدودة الشعرية)

هى واحدة من أصغر الطفيليات التى تصيب الإنسان، والتى يتم نموها ودورة حياتها فى عائل واحد ولا يوجد لها طور حر. وتعيش الديدان الناضجة مدفونة فى جدار الأمعاء الدقيقة وحتى الأعور للإنسان والخنازير والقطط والكلاب والقوارض (الجرذان والفئران) وغيرها من اللواحم (مثل الثعالب والذئاب والدببة وغيرها). وتسبب مرضا خطيرًا يُطْلق عليه مرض الترخينة أو داء الشعرية **trichiniasis = trichinosis** وهو مرض شائع فى أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية وأفريقيا وسوريا والصين وغيرها، ويقدر عدد المصابين فى العالم بما يربو على ٢٧ مليون نسمة، وتتم العدوى عندما يأكل أحد الحيوانات لحم حيوان آخر يحتوى على الطور المعدىّ.

التركيب العام

تكون الديدان الناضجة طويلة ورقيقة حيث يستدق الطرف الأمامى فى كل من الذكر والأنثى، أما الطرف الخلفى فيكون مدببًا فى الأنثى وعريضًا فى الذكر. والبلعوم

طويل مزود بجزء أمامي عضلي ماص وجزء خلفي غدي. ويصل طول الإناث من ٣ ـ ٤ مم وتضع يرقات بدلا من البيض، حيث ينمو البيض المخصب ويفقس داخل رحم الأنثى. أما الذكور فأقصر من الإناث ويصل طولها حوالى ١,٥ مم، وتكون مزودة بزوج من الحلمات المخروطية فى الجزء الخلفى. ولا يوجد شويكات تسافدية (شكل ٤ ـ ٩٧). ولون الجسم أبيض وطرفه الأمامى ضيق ويتسع نسبيًا فى الطرف الخلفى.

أعراض المرض

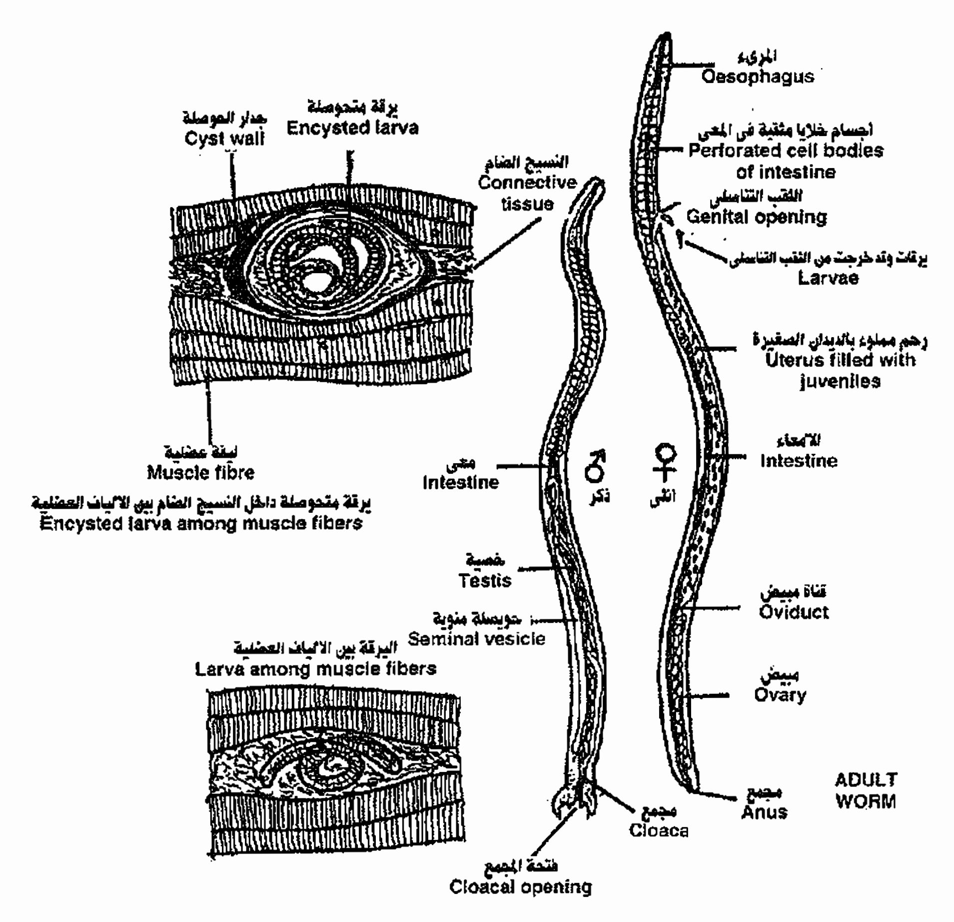
عندما يكون مرض الترخينة شديدًا يؤدى إلى مرض لفترة طويلة وأحيانا الموت. إذ تسبب اليرقات والديدان البالغة تلفا كبيرًا في الجدار المعوى يؤدى إلى ظهور أعراض مرضية مثل القيء والإسهال والغثيان وآلام فى البطن، ويرجع ذلك إلى التهاب جدار الأمعاء بسبب اختراق اليرقات لها. وتسبب اليرقات المتحوصلة تسممًا وحساسية تؤدى إلى الاستسقاء، مع حدوث حمى مرتفعة وزيادة الخلايا الأيوسينية البيضاء. وإذا حدث التحوصل في العضلات فتسبب آلاما روماتزمية عضلية، والتهابًا رئويًا وفشلاً كلويًا وحتى انحلالاً عضليًا، وصعوبة في التنفس والكلام.

ومن الجدير بالذكر أن المصدر الرئيسي لعدوى الإنسان هو الخنزير إذا تتسبب العدوى من أكل لحم الخنزير النيىء أو غير المطبوخ جيدًا على شكل مقانق (سجق) أو لحم مفروم والذى يحتوى على الحويصلات ـ وهو الطور المعدى. وتصاب الخنازير بأكل النفايات التي تحتوى على بقايا لحم الخنزير المحتوى على الحويصلات، أو بأكل الفئران المصابة. ويصاب بداء الترخينة في الولايات المتحدة الأمريكية حوالى ٢,٤ ٪ من السكان.

تاريخ الحياة

عندما يأكل الإنسان لحم الخنزير النيئ أو غير المطبوخ جيدًا الذى يحتوى على اليرقات المتحوصلة، فتُهضَم الحويصلات فى المعدة والإثنى عشر وتخرج اليرقات فى الأمعاء الدقيقة. وقد تخترق اليرقات جدار الأمعاء حيث تُدْفن فيها، وقد تخرج منه إلى التجويف المعدى مما يسبب تلفا خطيرًا لجدار الأمعاء. وتصل اليرقات إلى طور النضج من ٣ ـ ٧ أيام. وبعد عملية تزاوج يتم إخصاب البويضات. وتخترق الإناث الغشاء المخاطى لخملات الأمعاء حتى الطبقة العضلية حيث تضع الأنثى الواحدة يرقات يتراوح عددها إلى ٢٠٠ ألف يرقة يوميا لمدة ٣٠ ـ ٤٠ يوما. وبعد ذلك تموت الأنثى علما بأن الذكر قد يعيش لمدة أطول من الأنثى. وتصل اليرقات إلى الأوعية الليمفاوية أو الأوردة حيث تحملها الدورة الوريدية إلي الجزء الأيمن من القلب، ومنه إلى الرئتين ثم إلى

الجانب الأيسر من القلب حيث يحملها الدم إلى جميع أجزاء العائل، حيث يموت عدد من اليرقات فى الأنسجة التى لا يمكن التحوصل فيها، ولكن الغالبية العظمى تبقى على قيد الحياة فى عضلات القلب والعضلات الإرادية المخططة (شكل ٤ ـ ٩٧) وعلى وجه الخصوص عضلات الفك والرقبة والعينين واللسان وحتى الحجاب الحاجز. وتُحفز اليرقات الموجودة فى ألياف العضلات الإرادية لتنمو ثم تلتف حول نفسها ثم تُحاط بمحفظة نتيجة رد فعل العائل وتتكلس (شكل ٤ ـ ٩٧ لوحة رقم ٤ ـ ١٠)، ويمكن لليرقات المتحوصلة أن تعيش لمدة تتراوح من ١٠ ـ ٢٠ عاما ثم تموت بعد ذلك داخل المحفظة. وتسبب الإصابة بالترايكينيلا أوديما (وبالأخص فى الوجه والجفون)، مصحوبة بالتهابات فى الجفون وألم فى عضلات الأرجل وعضلات بين الضلوع وكذلك فى العضلات الماضغة وألم عند البلع، كما ينتج عنها ارتفاع فى درجة الحرارة.



شكل (٤-٩٧) دورة حياة دودة الترخينة - ترايكينيلا سبيرلارس

Trichinella spiralis

وتُعْدَى الخنايز والجرذان والقطط من أكل بقايا لحم الخنزير الذى يحتوى على اليرقات المتحوصلة، ولكى يتحاشى الإنسان العدوى بديدان الترايكينا يجب تجنب أكل اللحوم النيئة أو غير المطبوخة جيداً. وقد وجد أن اللحوم التى تطبخ جيداً أو تُبرّد لدرجة ـ ١٥ْم لمدة ٢٠ يوما تُؤدى إلى قتل الحويصلات.

وايشراريا بانكروفتى *Wuchereria bancrofti*

دودة بانكروفتى الفيلارية Bancroft's filarial worm

يقتصر وجود هذا الطفيلى على المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية وعلى وجه الخصوص فى منطقة البحر المتوسط (دلتا النيل، جنوب إسبانيا، تركيا إلخ) وأمريكا الجنوبية ووسط أفريقيا وجنوب الصين والهند.

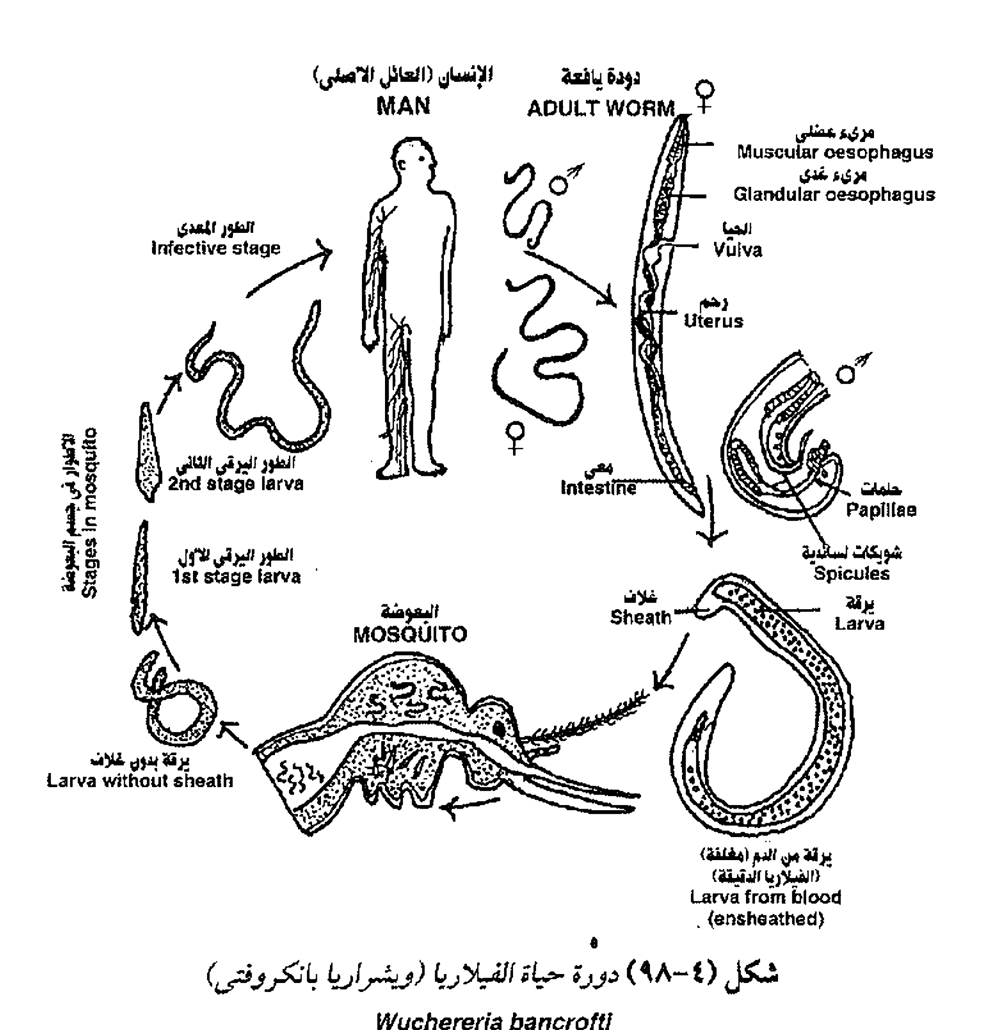
وتعيش الديدان البالغة فى النسيج الضام والأوعية والعقد الليمفاوية وخاصة فى الأطراف وأسفل البطن، حيث تؤدى إلى انسداد الأوعية الليمفاوية وعدم سريان الليمف مما يؤدى إلى مرض الفيل **elephantiasis** الذى يتضمن النمو الغزير للنسيج الضام والتورم الضخم وكبر وزيادة سمك الأجزاء المصابة من الجسم مثل الأرجل والأذرع وكيس الصفن. والإنسان هو العائل الأساسى الوحيد لهذا الطفيلى، بينما يكون العائل المتوسط عديدا من أنواع البعوض الماص للدماء. وقد قدر عدد المصابين بهذا المرض على مستوى العالم بـ ١٨٩ مليون نسمة.

الشكل والتركيب

الديدان البالغة شفافة وطويلة وتشبه الشعرة مع أطراف مستدقة، ويصل طول الأنثى من ٦ ـ ٦٠ سم وعرضها من ٠,٢ ـ ٠,٣مم وتنتهى بذيل ضيق. أما الذكر فهو أصغر يتراوح طوله من ٢,٥ ـ ٤,٥ سم وعرضه حوالى ٠,١ مم، وينتهى بذيل منحنى مزود بشوكتين غير متساويتين (شكل ٤ ـ ٩٨). وتعيش الديدان البالغة فى الأوعية والغدد الليمفاوية وعلى وجه الخصوص تلك التى فى منطقة الجهاز التناسلى والأذرع والأرجل ومنطقة الحوض. وتلتف الإناث والذكور بعضها على بعض وعادة تكون أعداد الذكور أقل من أعداد الأناث. ويمكن للدودة البالغة أن تعيش فى الإنسان لعدة سنوات.

تاريخ الحياة (شكل ٤ – ٩٨)

تضع الإناث بيضا يحتوى على يرقات، وتحيط قشـرة البيضة باليرقة مكونة غلافًا حولها ويطلق على هذه اليرقات المغلفة بالفيـلاريا الدقيقة ـ ميكروفيلاريا **microfilaria** والتى يصل طولهـا حـوالى ١٢٧ ـ ٢٣٠ ميكرونـا. وتُطلق يرقات الميـكروفيـلاريا فى الليـمف حيث تحـملها الأوعـية الدمـوية وتسرى فى الدم والليـمف. ولكن لا يتم نمو اليرقات بعـد ذلك فى الإنسان، إلا إذا انتقلت إلى أحد أنواع البـعوض المناسب والماصة للدماء مثل جنس كيولكس ***Culex***، إيدس ***Aedes*** أو الأنوفليس ***Anopheles***.



شكل (٤–٩٨) دورة حياة الفيلاريا (ويشراريا بانكروفتى)

Wuchereria bancrofti

وتهاجر يرقات الميكروفيلاريا خلال الليل إلى الأوعية الدموية الطرفية (الأوعية الدموية الجلدية والأجزاء الخارجية من الجسم) ذلك ليمكن البعوض الذى يتغذى على الدم ليلاً من شفطها مع الدم أثناء تغذيته. ومن الجدير بالذكر أن المناطق التى ينشط فيها البعوض نهارًا، توجد الميكروفيلاريا خلال الليل فى الأوعية الداخلية (شعيرات الدم للرئتين والكلى والقلب) وتهاجر خلال النهار إلى الأوعية الدموية السطحية. وقد يعزى هذا التغير فى سلوك اليرقات إلى العادات الغذائية للعائل المتوسط عما إذا كان ليلاً أو نهارًا. ومع ذلك ففى بعض المناطق (مثل جزر الباسيفكى) فإن الميكروفيلاريا لا تظهر أى انتظام دورى حيث إنها تظهر فى الأوعية السطحية خلال النهار والليل.

وعندما تمتص البعوضة دماء شخص مصاب تأخذ يرقات الميكروفيلاريا ضمن غذائها، وفى داخل معدة البعوضة تفقد اليرقات أغلفتها خلال ساعتين إلى ست ساعات. ثم تثقب جدار أمعاء البعوضة وتهاجر إلى العضلات الصدرية خلال ٤ ـ ١٧ ساعة حيث تنمو اليرقات إلى الطور المعدى بعد انسلاخين. ويتراوح طول هذا الطور من ١,٤ ـ ٢,٠ مم ثم تهاجر هذه اليرقات إلى غلاف خرطوم الحشرة والتى تصبح معدية. وتستغرق فترة تكوين الطور المعدى منذ شفط يرقات الميكروفيلاريا من الدم حتى تصل إلى أجزاء فم البعوضة حوالى ١١ يومًا تصبح بعدها البعوضة معدية.

وعندما تعض البعوضة حاملة الطور المعدى إنسانا تترك اليرقات خرطوم الحشرة وإما أن تثقب الجلد بنشاط أو تدخل من خلال الجرح الذى سببه إدخال أجزاء فم الحشرة عند مص الدماء. ثم تجد اليرقة طريقها خلال الدم والليمف والغدد الليمفية حيث تنسلخ مرتين وتصل إلى النضج الجنسى خلال ٩ أشهر.

سترونجيلويدس ستيركولارس

Strongyloides stercoralis

طفيلى يعيش فى أمعاء الإنسان ـ كعائل رئيسى ـ حيث يفضل المعيشة فى الإثنى عشر، ويحفر له أنفاقًا في الخملات، وتعمل الكلاب كمخزن **reservoir** لهذا الطفيلى. وينتشر هذا الطفيلى فى بلاد العالم الاستوائية وتحت الاستوائية. ويعتبر هذا الطفيلى فريدًا من بين الخيطيات إذ يتضمن تاريخ حياته أطوارًا حرة المعيشة، والأخرى طفيليات بالغة تمر بأطوار تكوينية غير متجانسة ومتجانسة على التوالى. فيوجد جيل حر المعيشة يشمل الذكور والإناث، وجيل طفيلى يتكون من إناث تسبب المرض ولها مظهر مختلف.

الشكل الخارجي والتركيب

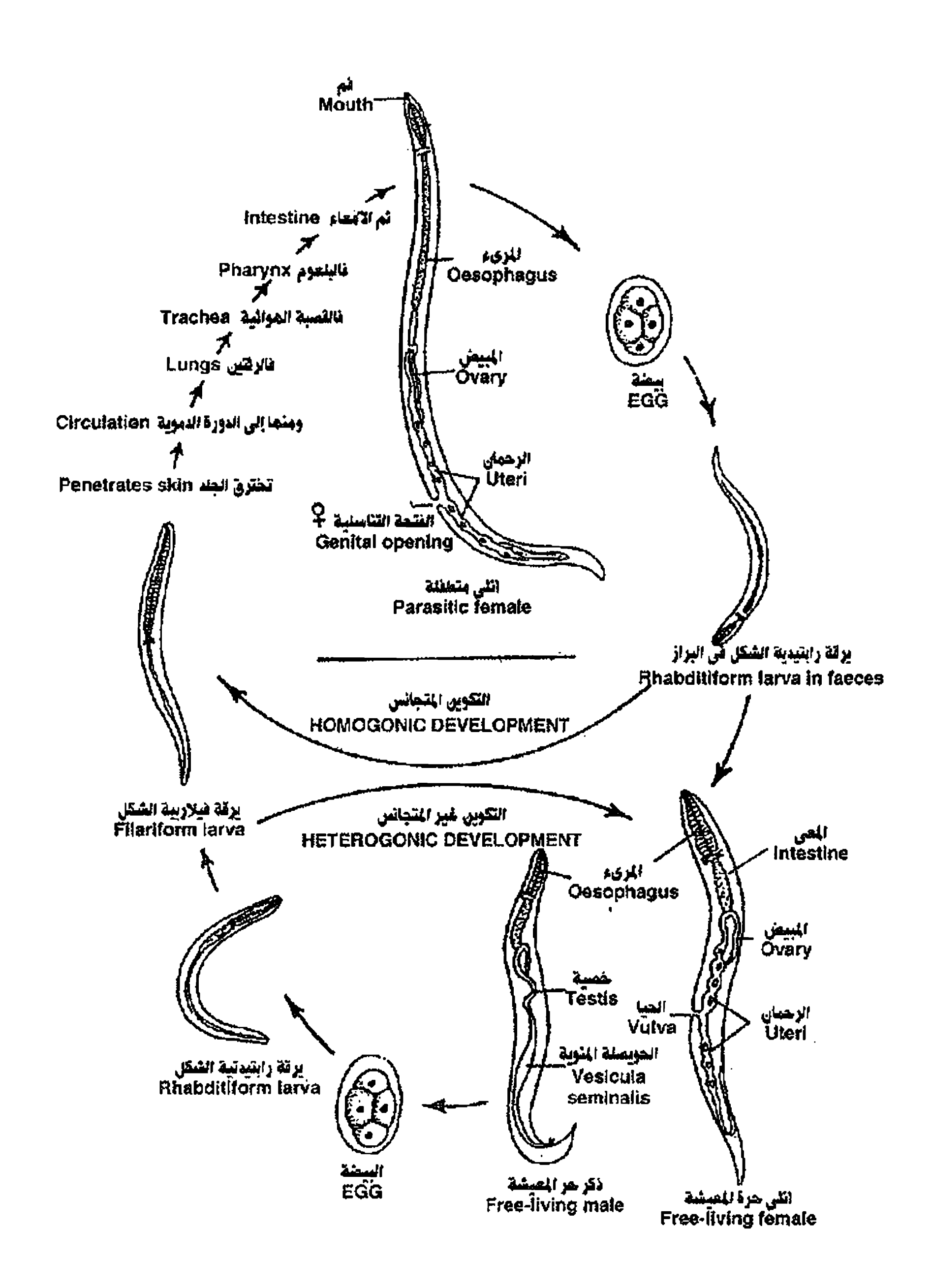
تعيش الإناث المتطفلة فى الجزء الأمامى من الأمعاء، وتفضل الإناث المعيشة فى الإثنى عشر واللفائفى حيث تحفر فى خملات الأمعاء أو حتى إلى داخل خبايا ليبركين حيث تحصل على غذائها أو تضع بيضها. والإناث طويلة مسحوبة يبلغ طولها حوالى ٢,٢ مم وقطرها ٣,٠ ـ ٧,٠مم. ويؤدى الفم إلى مرىء طويل نسبيًا والذى يمتد بطول ١/٣ ـ ١/٥ طول الجسم ويفتح المرىء فى معى مبطط يؤدى إلى مستقيم يفتح إلى الخارج بفتحة الإست (شكل ٤ ـ ٩٩) التى توجد على مسافة قصيرة من الطرف الخلفى. ورغم أن الجهاز التناسلى يشبه فى تركيبه الجهاز التناسلى فى الإسكارس. ولكن توجد المبايض فى الجزء الخلفى من الجسم، وتفتح الفتحة التناسلية الأنثية عند نهاية الثلث الثانى من الجسم.

أما الديدان البالغة حرة المعيشة فهى ثنائية التشكل جنسيا. فالذكور أصغر من الإناث حيث يبلغ طولها حوالى ٧,٠ مم، ولها طرف أمامى مستدير وخلفى مدبب ومتقوص لناحية السطح البطنى (شكل ٤ ـ ٩٩). وتشبه القناة الهضمية تلك التى للذكر الطفيلى غير أن المرىء أقصر كثيرًا. وتوجد خصية واحدة وحويصلة منوية وقناة قاذفة وأشواك تسافدية.

أما الإناث حرة المعيشة فتشبه لحد كبير الإناث المتطفلة ولكنها أقصر (طولها ٩,٠ ـ ٠,١مم)، أما المرىء فهو قصير. وتفتح الفتحة التناسلية الأنثية بالقرب من منتصف الجسم. وتعيش الأنثى فى روث الماشية والتربة الملوثة بالبراز فى المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية.

تاريخ الحياة (شكل ٤ - ٩٩)

من المحتمل أن يكون التوالد العذرى هو طريقة التكاثر حيث وُجدت الإناث فقط داخل الأمعاء دون الذكور. ومن الواضح أن الذكور ليست طفيليات نسيجية إذ تمر بسرعة من الأمعاء بعد طور النضج وإخصاب الإناث. ومع ذلك فبعض الدراسات تشير إلى أن الطفيلى الناضج يبدأ حياته كذكر مع النمو المبدئى للمنسل الذكرى، ويتبع ذلك تكوين المنسل الأنثوى والإخصاب ذاتى. . وتضع الأنثى ٥٠ بيضة شديدة الشبه ببيضة الإنكلستوما ولكنها أكبر وأضيق منها، والجدير بالذكر أن البيض يحتوى على مجاميع مختلفة من الكروموسومات، وهى التى تحدد النسل الناتج، وبذلك فالبيض الذى يحتوى على ٣ ن (3n) من الكروموسومات، ينمو ويكون إناثا متشابهة، أما تلك التى تحتوى على ٢ن (2n) فينمو ويكون إناثا غير متشابهة، أما البيض الذى يحتوى على عدد فردى من الكروموسومات ن (n) فيعطى ذكورا حرة المعيشة.



شكل (٤-٩٩) دورة حياة دودة سترونجيلويدس ستيركولارس

Strongyloides stercoralis

وتضع الإناث بيضا ذا قشور شفافة تمر مع براز العائل الأصلى (شكل ٤ ـ ٩٩)، أو قد تفقس داخل تجويف الأمعاء، وفى الحالة الأخيرة تخرج اليرقات مع البراز حيث يكون حجمها أكبر بمرتين أو ثلاثة مرات عند بدء فقسها، ويطلق على هذا الطرز اليرقة الرابتيدية الشكل (رابدتيفورم). وثمة نوعان من التكوين: التكوين غير المتجانس والمتجانس. ففى التكوين غير المتجانس تنمو اليرقات الرابتيدية الشكل بسرعة وتتميز جنسيا خلال ٣٠ ساعة حيث تنمو إلى ذكور وإناث حرة المعيشة، وبعد عملية التزاوج يفقس البيض إلى يرقات رابتيدية، وهذه بدورها تنمو إلى إناث وذكور حرة المعيشة وتستمر هذه العملية مادامت الظروف مواتية. وعندما تصبح الظروف غير مناسبة تنسلخ اليرقة الرابتيدية الشكل وتنمو إلى يرقات فيلاريية الشكل وهو الطور المعدى، وهى طويلة ومسحوبة وتتميز بوجود مرىء طويل (شكل ٤ ـ ٩٩). وفى التكوين المتجانس فإن اليرقات رابتيدية الشكل اليافعة والتى فقست فى البراز خارج الجسم تنمو مباشرة.

وعندما يتناول شخص طعاما ملوثا أو يشرب ماء ملوثًا تخترق اليرقات اليافعة الفيلاريية الشكل جلد الإنسان أو أغشية الفم المخاطية، حيث تحملها الدورة الدموية إلى القلب فالرئتين ثم إلى القصيبات الهوائية فالقصبة الهوائية حيث تُبْلع مع اللعاب إلى البلعوم، ويحملها الطعام إلى الأمعاء لتغزو البطانة المعوية. ثم تنسلخ مرتين وتنمو إلى إناث طفيلية التى قد تتكاثر بالتكاثر العذرى.

ومن الجدير بالذكر أن تأثير اليرقات المهاجرة ـ وخاصة إذا كانت كثيرة العدد ـ تؤدى إلى رد فعل نسيجى فى الجلد والكبد والرئتين، وقد تسبب الديدان اليافعة التى تخترق الغشاء المعوى بعض الالتهابات مع تآكل للطبقة المخاطية.

التصنيف

تنقسم الخيطيات إلى طائفتين وخمس طويئفات:

١ ـ طائفة: اللافازميدات (أدينوفورى)

ADENOPHOREA (APHASMIDEA, APHASMIDA)

هى أكثر الخيطيات بدائية، وتشمل معظم الأنواع البحرية إضافة إلى أنواع تعيش فى المياه العذبة واليابسة، ومعظمها حر المعيشة وإن كان هناك بعض الأنواع المتطفلة، وتخلو من الفازميدات الذيلية، وتتميز بوجود أمفيدات خلف شفوية. الخلايا تحت البشرة وحيدة النواة. الجلد أملس ولكن قد يكون مخططًا ويتكون من أربع طبقات:

علوى، خارجى، متوسط وداخلى. الأجهزة الإخراجية ـ إن وجدت ـ تتكون من واحدة أو أكثر من الخلايا الغدية **renette cells**، للذكور خصيتان وزوج من أشواك التسافد (نادرًا ما تكون واحدة).

الأمثلة: تراكيورس تراكيورا ـ الدودة السوطية **whip worm** - *Trichuris trichura*، وتتطفل الدودة البالغة على الأعور والقولون العلوى أو المستقيم فى الإنسان؛ ترايكينيلا سبيرلارس *Trichinella spiralis*.

٢- طائفة: سكرنينتيا (فازميدى)

SECERNENTEA (PHASMIDEA - PHASMIDA)

تشمل خيطيات حرة المعيشة، والغالبية العظمى تتطفل على النبات والحيوان. يتميز الجسم بوجود زوج من الجيوب الحسية (الفازميدات) قرب الحافة الخلفية للجسم، أما الأمفيدات ـ وهى زوج من الأعضاء الحسية عند الطرف الأمامى فتكون ضعيفة. ويوجد خلف الشفاة أعضاء حسية رأسية **cephalic sensillae** شبيهة بالثقوب أو على هيئة حلمات شفوية مرتبة فى حلقتين: حلقة حولفمية من ستة، وخارجية من عشرة، وقد يُختزل العدد فى بعض المجاميع المتطفلة. خلايا تحت الأدمة أما وحيدة أو عديدة الأنوية، والجليد مخطط عرضيا فى طبقتين أو أربع طبقات. توجد ثلاث غدد مريئية إحداهما ظهرية والآخريين تحت بطنيتين.

الجهاز الإخراجى يتكون من قناة أو قناتين جانبيتين قد ترتبط أو لا ترتبط بخلايا غدية، ويفتحان بفتحة وسطية بطنية. يوجد غالبا ٤ ـ ٦ خلايا سيلومية كاذبة، قد يكون للذكور كيس تسافدى (جناح ذيلى **caudal alae**) وشوكة أو شوكتين تسافديتين.

الأمثلة: سترونجلويدس ستركولارس (شكل ٤ ـ ٩٩) ***Strongloides stercoralis***، انكلستوما ديودنيالى ***Ancylostoma duodenale***؛ إسكارس لمبروكويدس ***Ascaris lumbricoides***، انتروبيس فارمكيولاس (شكل ٤ ـ ٩٦) ***Enterobius vermicularis***، ويشراريا بانكروفتى ***Wuchereira bancrofti***، اونكوسيركا فلفيولس ***Onchocerca volvulus***، دريكنكولاس ميدنينسس ***Dracunculus medinensis***، (دودة غينيا **Guinea worm**) الذى يتطفل على النسيج الضام والطبقة تحت البشرية لجلد الإنسان والكلاب والحيوانات الثديية.

الفصل التاسع عشر

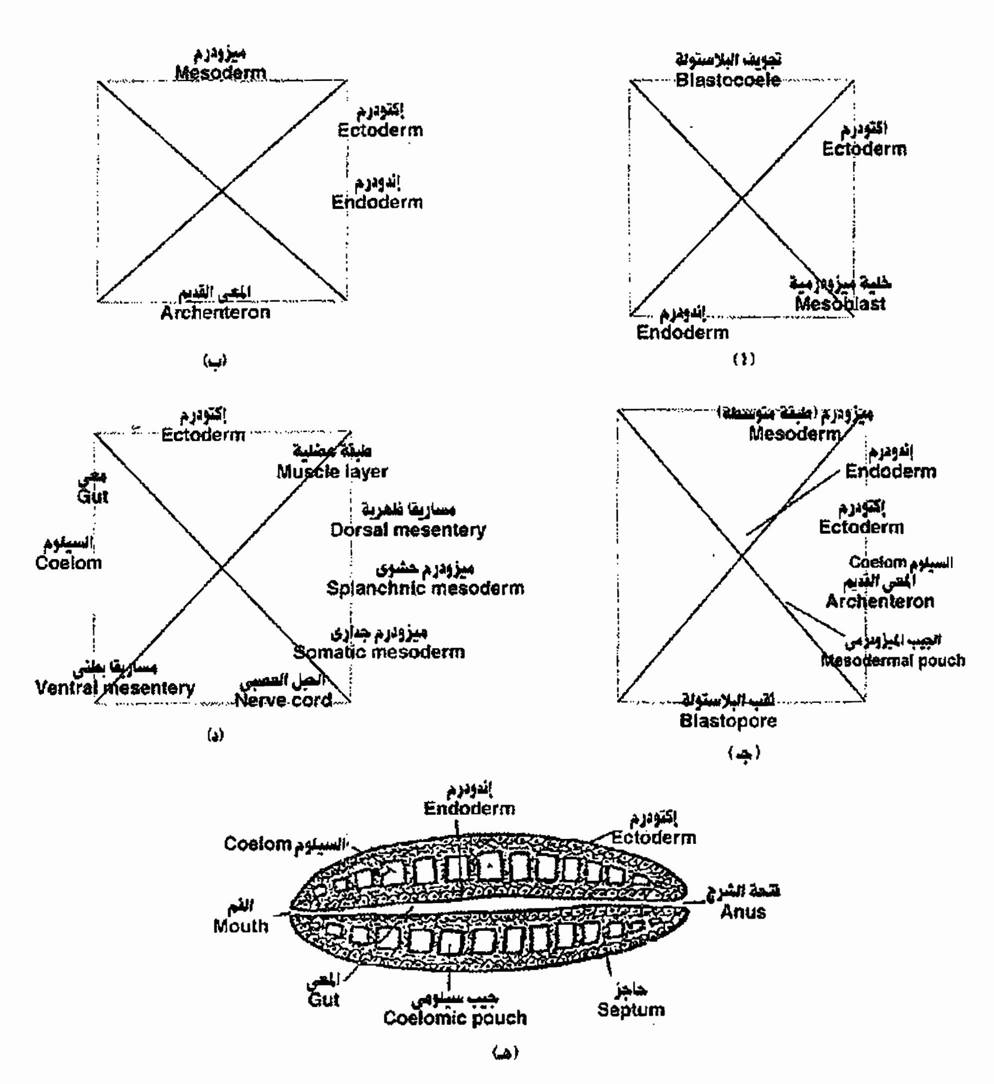
السيلوميات الحقيقية

EUCOELOMATA

تشمل السيلوميات الحقيقية مجموعة كبيرة من الحيوانات جانبية التماثل ثلاثية الطبقات، من اللافقاريات وكل الحبليات **Chordata**. حيث تتميز بوجود تجويف جسمي خارجي يُكون الجزء الأكبر من جدار الجسم، وطبقة من الميزودرم الحشوى الذى يحيط بالقناة الهضمية وغيرها من الأحشاء الداخلية. وتتكون فى كلتا الطبقتين العضلات. أما التجويف نفسه فيكون مبطنًا بطبقة واحدة من الخلايا المفلطحة. ويُطلق على الطلائية الجدارية، البريتون الجدارى **somatopleure** والطبقة الداخلية التى تغطى القناة الهضمية وغيرها من الأعضاء بالبريتون الحشوى **splanchnopleure**.

ويملأ السيلوم سائل سيلومى يعطى صلابة للجسم ويحمى الأعضاء الداخلية، إضافة إلى ذلك يسمح السيلوم بالحركة المستقلة لعضلات القناة الهضمية وتلك التى لجدار الجسم. فقد يتحرك الحيوان للأمام وتعمل عضلات الأمعاء على دفع الطعام للخلف. وقد يكون للسائل السيلومى علاقة بالوظائف الإخراجية والتكاثرية. كما أدى ظهور تجويف سيلومى واسع إلى ضرورة تكوين جهاز دورى وآخر تنفسى، ويعمل الجهاز الدورى على ربط الأسطح التنفسية بأجزاء الجسم المختلفة بواسطة الأوعية الدموية والتى تحتوى على البلازما وخلايا الدم، ويكون الصبغ التنفسى إما ذائبًا فى البلازما كما هو الحال فى اللافقاريات، أو يوجد فى كرات الدم الحمراء كما فى الفقاريات.

ويتكون الميزودرم خلال عملية التكوين إما بانشقاق فى خلايا الطبقة المتوسطة (الميزودرم) المصمتة الأصلية كما هو الحال فى الحلقيات (شكل ٤ ـ ١٠٠) ومفصليات الأرجل. أو يتكون من جيوب تنفصل بالتبرعم من التجويف المعوى الأصلى ـ المعى القديم **archenteron** كما هو الحال فى الحبليات. وبذلك تتكون أزواج متتالية من الجيوب الميزودرمية. وينمو كل زوج ويحيط بالقناة الهضمية. وتنمو العقل الميزودرمية لكل زوج وتحيط بالقناة الهضمية، وعند اقتراب بعضها ببعض يكونون المساريقا الظهرية والبطنية التى هى عبارة عن صفائح مزدوجة من البريتون (شكل ٤ ـ ١٠٠). وتمر الأوعية الدموية خلال هذه المساريقا ـ وبعد ذلك فقد تختفى المساريقا البطنية أو كلاهما، وبذلك تتصل التجاويف السيلومية فى كل عقلة، ويلاحظ أن تعقيل الميزودرم وتجاويفه يكون واضحا فى ديدان الأرض، حيث تفصل التجاويف السيلومية المتتابعة حواجز عرضية من البريتون ويمر السائل السيلومى من قطعة لأخرى خلال ثقوب فى تلك



شكل (٤-١٠٠) رسم تخطيطى يوضح مراحل تكوين السيلوم:

(أ) البلاستولة ويحيط بها الإكتودرم وتتميز إحدى خلاياها لتكوين الخلية الميزودرمية.

(ب) جاسترولة متقدمة وتتكون من طبقة إكتودرم خارجي وإندودرم داخلي مع بدء تكوين طبقة الميزودرم الناتجة عن نمو الخلية الميزودرمية للجاسترولة.

(جـ) يُكّون الميزودرم شريطين يحيطان بالإندودرم. لاحظ الظهور الأولي للجيوب الميزودرمية التي تفصلها الحواجز.

(د) قطاع عرضى لجنين متقدم يوضح الجيوب السيلومية والمساريقا الظهرية والبطنية، ويُلاحظ تكوين التجويف السيلومى الذى يحيط بالإندودرم.

(هـ) قطاع طولى فى جنين متقدم يوضح تكوين الجيوب السيلومية التى تفصلها الحواجز، وبدء ظاهرة التعقيل فى الجنين.

الحـواجز. ويقـابل التعـقيل الداخلى تـقسيم الجسم من الخـارج إلى عقل أو حلقـات segments متـتابعـة. لذلك أطلق عليهـا شعـبة الحلقـيات Annelida. ويلاحظ فى الحلقيات أن كل الحلقات ـ ما عدا بعض التمـييز فى الجزء الأمامى ـ متماثلة. ومع ذلك ففى معظم السيلومـيات تلاشت الحواجز العرضية فى الحيوان البـالغ، وأصبح التجويف السيلومى مـتصلا بطول الجسم كله ومع ذلك فـيمكن فى الفقاريات العليـا مشاهدة آثار التعقيل مثل: الفقرات المتتابعة والأعصاب الشوكية وغيرها.

شعبة الحلقيات

ANNELIDA

الديدان الحلقية (المعقلة) Segmented worms

الحلقيات ديدان مقسم أجسامها إلى عقل metameres أو شُدُف (قِطع) ومن هنا جاءت تسميتها (حلقة صغيرة = annulus). وتتميز الشعبة بالتكرار العقلى، وقد يتقابل التعقـيل الخارجى مع التعقـيل الداخلى كما فى ديدان الأرض. أما فى بعـض الحلقيات الأخرى فإن كل عـقلة مقسمـة خارجيا إلى عـدة من الحلقات annuli وتنقسم شـعبة الحلقـيات إلى طوائف رئيـسيـة بناء على وجود أشـواك، قديمات، وعـقل وغيـرها من الصـفـات وهـذه الطوائف هى: قلـيلة الأهلاب Oligochaeta؛ عـديدة الأهلاب Polychaeta، والعلقيات Hirudinoidea (شكل ٤ ـ ١٠١) **وأهم الصفات المميزة للحلقيات هى:**

١ ـ الجسم ذو تماثل جانبى، ومعقل تكراريا.

٢ ـ يحتـوى جدار الجـسم على طبقـتين عضليـتين: الخارجـية دائرية والداخـلية طولية، وتفرز البشرة طبقة شفافة رطبة على السطح.

٣ ـ السيلوم انشقاقى schizocoel جيد التكوين، ومقسم بحواجـز عرضية فيما عدا العلقيات، ويعمل السائل السيلومى كهيكل هيدروستاتيكى.

٤ ـ توجد فى الغـالب أهلاب (أشواك) كيـتينية، ولكن تخلو العلقـيات من هذه الأهلاب.

٥ ـ الجهاز الهضمى كامل التكوين ولا يخضع للتعقيل التكرارى.

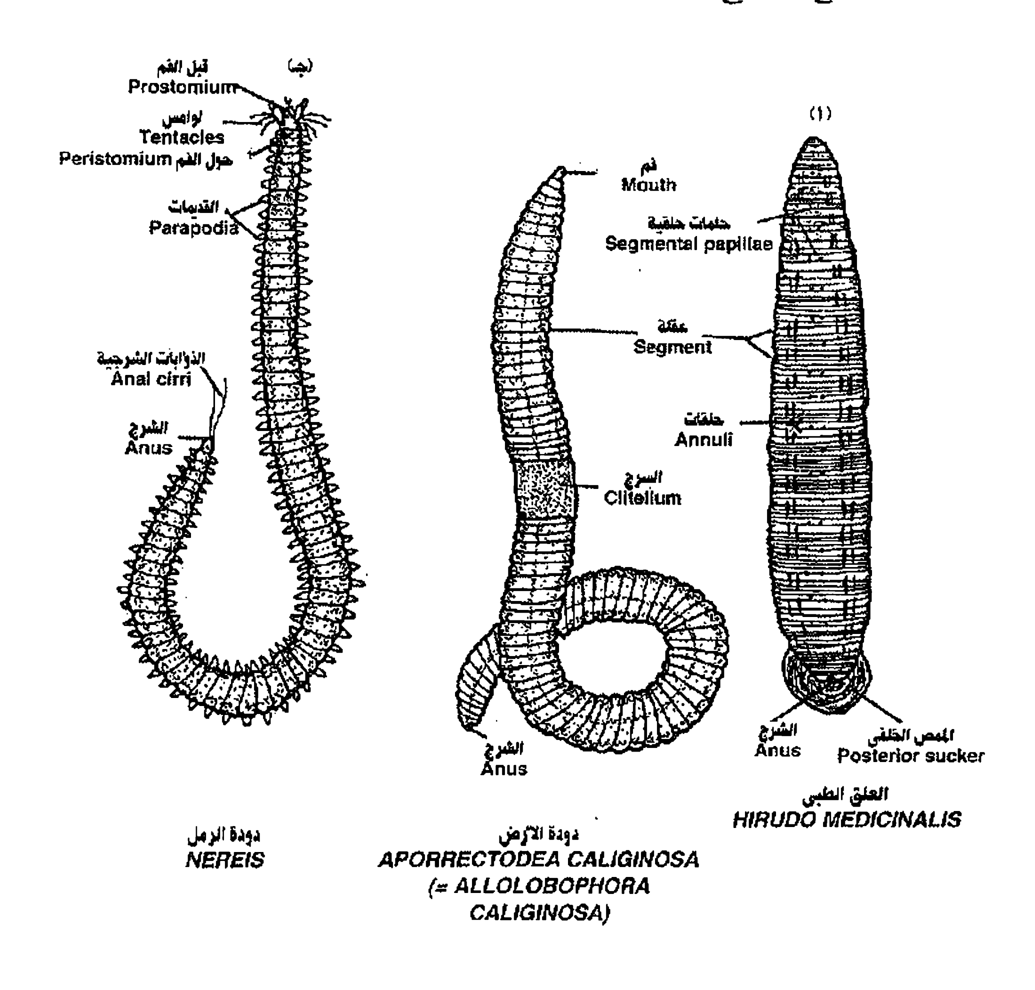
٦ ـ الجهاز الدورى مقفل، ومرتب عقليا، والأصباغ التنفسية ذائبة فى الدم.

٧ ـ يتم تبادل الغازات عن طريق الجلد أو نظائر الأقدام أو الخياشيم.

٨ ـ يتكون الجهاز العصبى من حبل عصبى بطنى مزدوج، وزوج من العقد العصبية فى كل عقلة تحمل الأعصاب الجانبية، ويتركب المخ من زوج من العقد المخية الظهرية التى تتصل بالحبل العصبى البطنى بوصلات.

٩ ـ يتركب الجهاز الإخراجى من وحدات هى النفريديا التى يوجد زوج منها فى كل عقلة.

١٠ ـ الديدان خناث أو ذات أجناس منفصلة ـ واليرقة ـ إذا وجدت فهى يرقة مطوقة **trochophore**. وقد يحدث تكاثر لاجنسى بالتبرعم فى بعض الأنواع. التفلج حلزونى والتكوين فسيفائى **mosaic**.



شكل (٤-١٠١) أمثلة من الحلقيات

التركيب العام للحلقيات

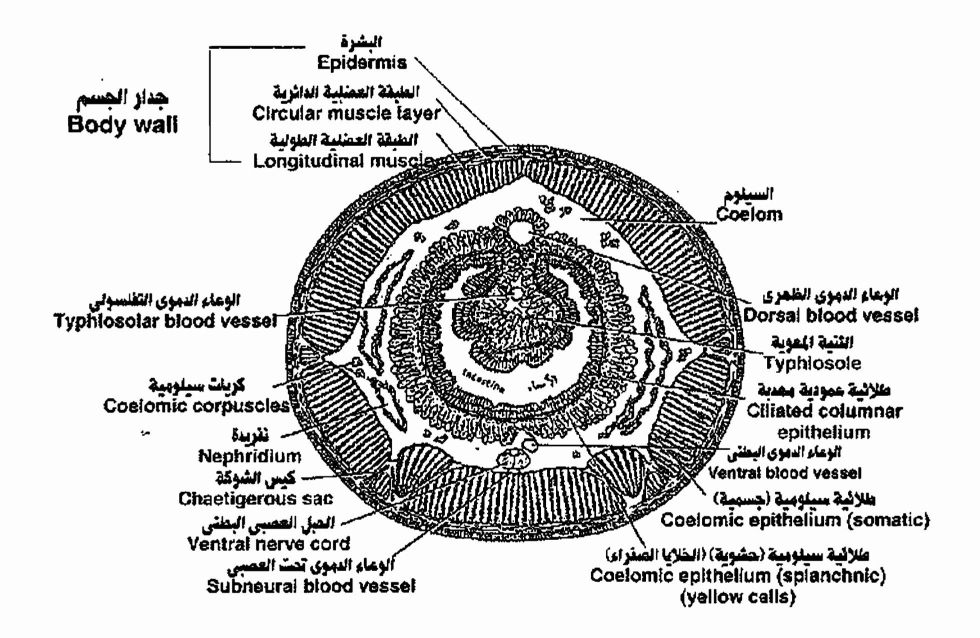
دودة الأرض والعلق

جدار الجسم

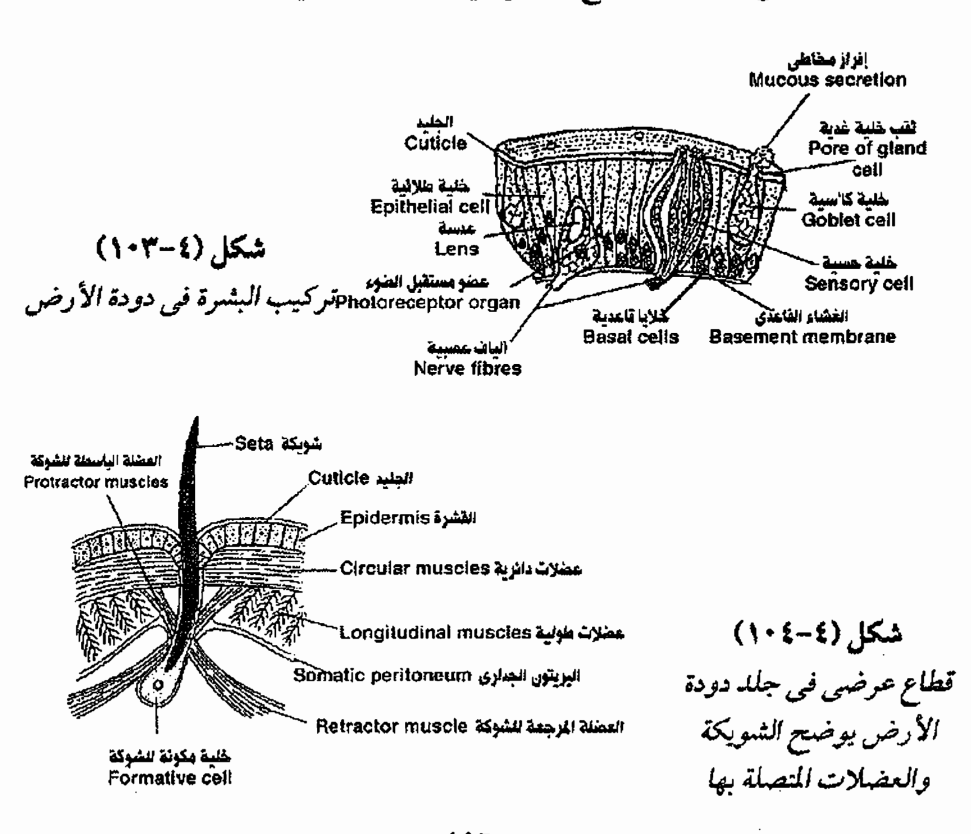
يغطي جسم **دودة الأرض** جليد رقيق شفاف غير كيتيني تفرزه خلايا القشرة، والجليد ذات تخطيطات عرضية تعطي الجسم لونه القزحي بسبب انعكاس الضوء. وتتركب البشرة **epidermis** من طبقة واحدة من خلايا عمادية بسيطة تحتوى على غدد وحيدة الخلية وتفتح بثقوب دقيقة على سطح الجليد. إضافة إلى ذلك توجد خلايا حسية وخلايا قاعدية صغيرة معوضة تنمو لتحل محل خلايا البشرة (شكل ٤ ـ ١٠٣) إذا فقدت أو تمزقت. ويلي البشرة غشاء قاعدى يوجد تحته طبقة عضلية تتركب من طبقة عضلية دائرية خارجية يليها أخرى طولية. ويلي الطبقة العضلية البريتون الجدارى الذى يتكون من خلايا بلاطية ويبطن التجويف السيلومى الكبير (شكل ٤ ـ ١٠٢). ويحتوى جدار الجسم على خلايا شوكية **setagenous** تفرز شويكات كيتينة **seta**، وتقع كل شويكة داخل كيس شوكى **chaetigerous (setal) sac** فى جدار الجسم، وتحركها عضلات دقيقة، وتبرز الشويكات إلى الخارج خلال ثقوب دقيقة فى الجلد (شكل ٤ ـ ١٠٤). وتعمل الشويكات كركائز تَحُول دون انزلاق الدودة وتثبتها فى التربة. وعادة تحمل الأنواع المائية أشواكًا أطول مما فى ديدان الأرض.

وقد يحتوى جدار الجسم على بعض الأصباغ مثل بروتوبورفيرين **protoporphyrin**. وتمتد العضلات الطولية بين عقلتين أو ثلاثة. وبذلك تكون العقل متحدة بعضها ببعض فى مجاميع صغيرة. ولا غرو فترتيب الطبقات العضلية يمكنها أن تولد ضغطًا على السائل السيلومى يضمن تكوين هيكل هيدروستاتيكى يتصف بالمرونة الكبيرة والاستجابة السريعة.

ويتركب جدار الجسم فى **ديدان العلق الطبى medical leech** (شكل ٤ ـ ١٠٥) من بشرة رقيقة تكثر فيها الخلايا الغدية المخاطية، وهى مزودة بشبكة من الشعيرات الدموية الدقيقة التى تساعد على تبادل الغازات. ويغطى البشرة جليد رقيق ينسلخ من وقت لآخر. وتتضخم الخلايا الغدية ويكثر عددها فى موسم التكاثر فى منطقة الثقوب التناسلية وبذلك يتكون السرج **clitellum** الذى يفرز شرنقة أو محفظة للبيض.



شكل (٤-١٠٢) قطاع عرضى فى دودة الأرض فى منطقة الأمعاء



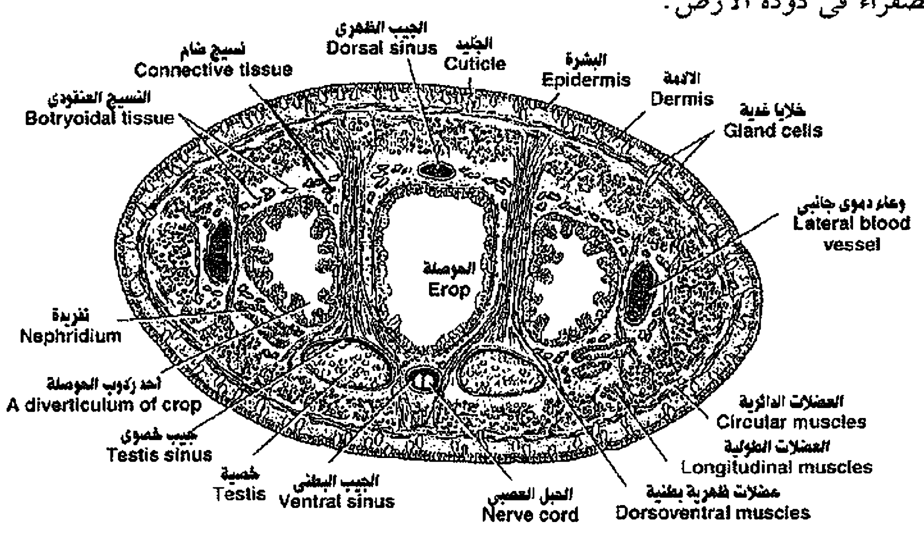
شكل (٤-١٠٣)

تركيب البشرة فى دودة الأرض

شكل (٤-١٠٤)

قطاع عرضى فى جلد دودة الأرض يوضح الشويكة والعضلات المتصلة بها

ويلى البشـرة طبقـة عضلية دائرية وأخـرى طولية كمـا توجد حـزم من الألياف العضلية تمتد بين السطحين الظهرى والبطنى. وتتميز الخلايا العضلية فى هذه الديدان بأن الجزء المتـقبض يحـيط بالجزء غيـر المتقبض؛ لـذلك تبدو الألياف العـضلية فى قطاعـها العرضى كحلقـات صغيرة (شكل ٤ ـ ١٠٥). ويوجد بين الألياف العضـلية نسيج ضام يتكون من مادة هلامية تنتشر فيها الألياف والخلايا. ويمتد هذا النسيج الهلامى إلى جدار القناة الهضميـة أى أنه لا يوجد تجويف ظاهرى حول القناة الهضميـة. ويحتوى النسيج الضام الذى يحيط بالقناة الهضـمية على قنوات متشعبة تحيط بهـا خلايا كبيرة تنتظم فى شكل عناقـيد، لذلك يُطْلَق عليـها النسيج الـعنقودى **botryoidal tissue** (شكل ٤ ـ ١٠٥) وهى ممتلئة بحـبيبـات داكنة اللون، ويبدو أن لها وظيـفة إخراجـية تشبـه الخلايا الصفراء فى دودة الأرض.

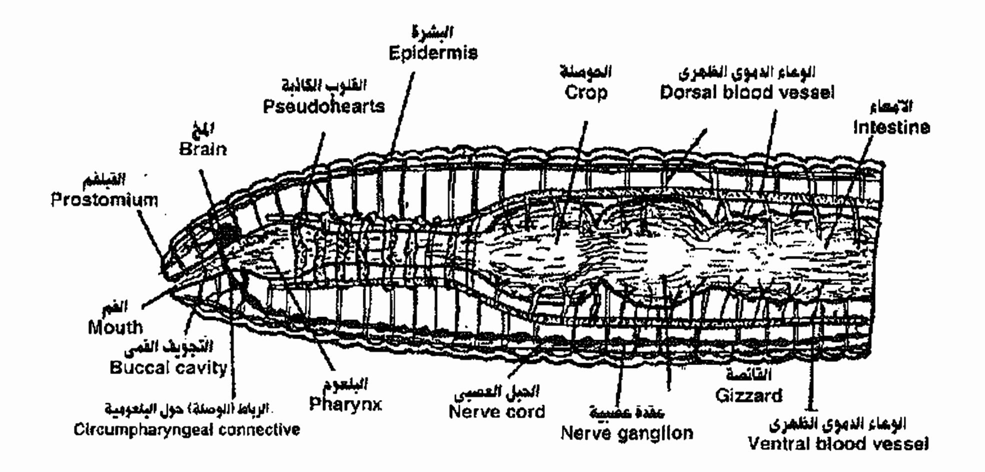


شكل (٤ – ١٠٥) *قطاع عرضى فى العلق الطبى*

الجهاز الهضمى

تتركب القناة الهضـمية فى دودة الأرض ابوركتوديا ***Aporrectodea*** وهو النوع الشائع من: فـم تبرز منه قطعة لحـمية هـى قبل الفم **prostomium**، ويؤدى الفم إلى التجويف الفمى الذى يوجد فى العقل مـن ١ ـ ٣ ـ والذى يتصل ببلعوم عضلى سميك

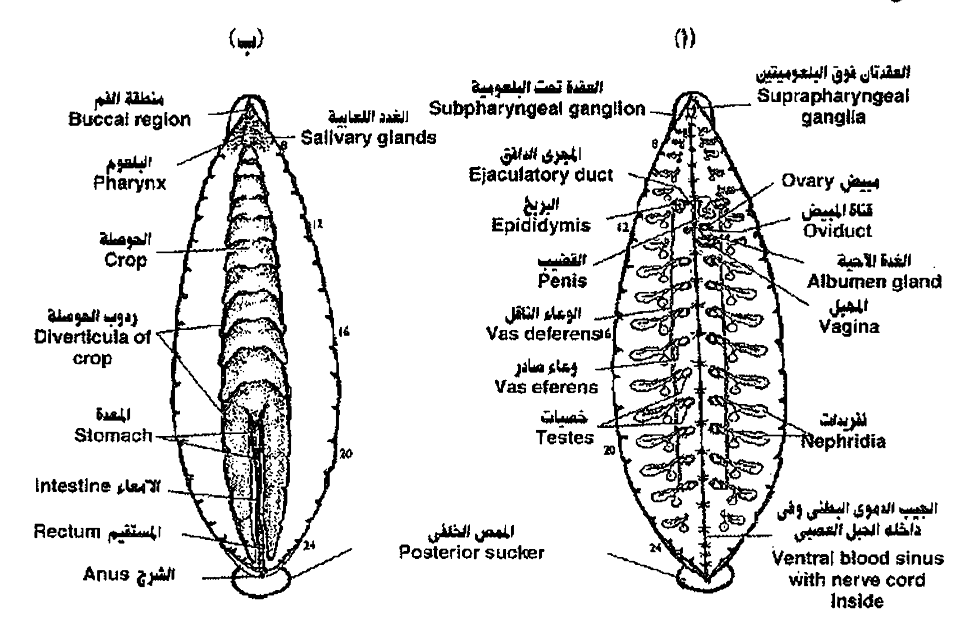
مـاص يعمل على ارتـشاف الطعـام (فى العـقل ٤ ، ٥) ويكون مزودًا بغـدد بلعـوميـة **pharyngeal glands**. تفرز مادة مـخاطية تعمل على انزلاق الطعـام، ويؤدى البلعوم إلى مرىء مسـتقيم وضيق (فى العقل من ٦ ـ ١٤) يكون مـزودًا بثلاثة أزواج من الغدد الكلسية **calciferous glands**، ويتصل البلعوم بحويصلة كبيرة رقيقة الجدار (فى العقل ١٥ ، ١٦) والتى تُستخدم فـى خزن الطعام؛ وتفتح الحويصلة فى قانصـة سميكة الجدار (فى العـقل ١٧ ، ١٨) ويبطن القانصـة طبقة مـن الجليد، وتُسـتخدم فى طحن الـطعام بمساعدة حـبيبات الرمل التى بها. ويلى الـقانصة أمعاء طويلة (شكل ٤ ـ ١٠٦) تتـميز بوجود ثنيـة معوية طولية يطلق عليـها التفلوسول أو الثنيـة الظهرية **typhlosole** والتى تعمل على زيادة سطح الامـتصاص (شكل ٤ ـ ١٠٢). وتبطن الأمـعاء خلايا عـمادية بسيطة يليـها طبـقتين عضليـتين طولية ودائرية. وتُغَطى الأمـعاء بواسطة خلايا صـفراء **chloragogen cells** (شكل ٤ ـ ١٠٢). وتلعب هذه الخلايا دورًا يشبه خلايا الكبد فى الفـقـاريات، ومن وظائفـهـا: خـزن المواد الغـذائيـة كـالجليـكوچين والدهون، وطرد الفضـلات، وقد تحول البـروتينات إلى دهون. وعند انقسامـها فإن جـزء الخلايا الذى يكون مثـقلا بالدهون ينفصل ليكون خلايا مـتجولة هى الخلايا الـزيتية **elocytes** والتى توزع الدهون على باقى أجـزاء الجسم كمـا تعمل الخلايا الصـفراء على إزالة المجمـوعة الأمينية للبروتينات وتـكوين الأمونيا والبولينا. وتفتح الأمعاء إلى الخـارج بفتحة الإست التى توجد عند طرف العقلة الأخيرة.



شكل (٤-١٠٦) قطاع طولى فى الجزء الأمامى لدودة الأرض
يوضح الأجهزة المختلفة

وتتـركب القناة الهضـمية فى العلق الطبى - هيـرودو **Hirudo medicinalis** - والمهيأة لحـياة التطفل - من فم يحيط به ممص فمى، ويفتح الفم فى تجـويف فمى مزود بثلاثة فكوك هلاليـة الشكل ومزودة بأسنان رفيعـة وعضلات وحلمات لعـابية. ويؤدى التجويف الفمى إلى بلعـوم عضلى سميك مهيأ للـشفط (فى العقل من ٦ - ٨) ويحيط بالبلعوم غدة لعـابية وحيدة الخليـة تفتح فى النتوءات السنية الدقيـقة التى على الفكوك. ويحتـوى اللعاب على مـادة مانعـة لتخـثر الدم **anticoagulant** هى مادة الهـيرودين **hirudin** التى تمنع تجلط الدم خـلال شفطه من جسم العـائل، إذ إن الهيـرودو طفيلى خارجى يتغذى بمص دم الفقاريات.

ويتصل البلعـوم بحوصلة رقيقـة الجدار، جيدة التكوين، والمزودة بإحـدى عشرة غرفة كل منهـا يحتوى على زوج من الجيـوب الجانبية أو السـيالات - الأعاور **caeca**، ويكون الزوج الحادى عشر للجيوب الجانبـية أو الأعاور هو أطولها حيث يمتد إلى العقلة رقم ٢٤. وتستخدم الحوصلة فى خزن الدم. وخاصة أن العلق يمكنه أن يبقى مدة طويلة دون طعام. وقد يـبقى الدم مختزنًا فـى الحوصلة من ١٠ - ١٢ شهرا أو أكثـر. وتفتح الحوصلة فى معدة مبطنة بخلايا إفرازية وامتصاصية. وتفتح المعدة فى أمعاء قصيرة تنتهى بمستقيم يفتح للخارج بفـتحة الإست التى تقع على السطح الظهرى فوق الممص الخلفى (شكل ٤ - ١٠٧ب).



شكل (٤-١٠٧) *التركيب الداخلى للعلق الطبى*
Hirudo medicinalis

التغذية والهضم

ديدان الأرض قمامة كما هو الحـال فى معظم قليلات الأهداب، إذ تتغذى على النباتات الميتة، والمواد الحيوانية وأوراق الشجر وكذلك الطين الغنى بالمواد المتحللة. وتقوم الغدد اللعابية بترطيب وتطرية الطعام الذى يُشْفط بالبلعوم الماص، ويساعد قبل الفم على إمساك الطعام. ويؤدى ابتلاع الديدان للكالسيـوم إلى ارتفاع نسبته فى الدم؛ لذلك تقوم الغدد الكلسية الموجودة على امتداد المرىء بإفراز أيونات الكالسيوم إلى الأمعاء، مما يؤدى إلى خفض أيون الكالسيوم فى الدم؛ لذلك فالوظيفة الأساسية للغدد الكلسية أنها تساهم فى التنظيم الأيونى. كما تؤدى دورًا فى تنظيم التوازن الحمـضى القاعدى لسوائل الجسم وتحفظ درجة تركيز أيون الأيدروچين عند مستوى ثابت تقريبًا.

ويمر الغذاء من المرىء إلى الحويصلة حيث يُختزن مـؤقتا، ومنها إلى القانصة التى تعمل على طحن الطعام، ويعـمل المخاط الذى تفرزه الغدد البلعوميـة على المساعدة فى مرور الطعـام بينما تقوم إنزيمات هاضمـة للمواد البروتينيـة بالبدء فى هضم تلك المواد. وتُستكمل عمليـات الهضم فى الأمـعاء حـيث تفرز إنزيمات هـاضمـة مثل الامـيلاز والانفرتين **invertin** التى تهضـم الكربوهيدرات، وكذلك إنزيم السـيليلوز **cellulase** الذى يؤثر على السـيليوز، والليـبيز الذى يحلل المواد الدهنيـة، والببسين الذى يهضم البروتينات. وتقوم الأمعاء بامتصاص الغذاء المهضوم، ومما يساعد فى زيادة معدل الهضم والامتصـاص وجود ثنية ظهرية (التـفلوسول) **typhlosole**. وينقل الدم الغذاء الممتص إلى جـميع أجـزاء الجسم. وقـد يُمتص جـزء من الطعـام المهضـوم من خلال السـائل السيلومى. أما فضلات الطعام فتُطرد من الشرج.

والجدير بالذكر أنه توجد طبقة من نسيج أصـفر تُشتق من البريتون وتحيط بالأمعاء والوعاء الظهرى كما تملأ جزءًا كبيرًا من التـفلوسول. ويعمل هذا النسيج كمركز لتخليق الچليكوچين والدهون، وفى ذلك يشـبه إلى درجة كبـيرة خلايا الكبـد، وعندما تنضج الخلايا الصفـراء وتمتلئ بالدهون تتحرر فى السيـتوبلازم حيث تطفو حرة فـيه، وتعرف بالخلايا الزيتية **eleocytes**؛ التى تقوم بنقل المواد إلى أنسجـة الجسم، ويمكنها أن تنتقل من مكان لآخر، كـما وُجـد أنها تتجـمع حول الجـروح والمناطق المتجددة حـيث تنحل وتطلق بمحتوياتها إلى السيلوم. كما أن للخلايا الصفراء دورًا أو وظيفة إخراجية.

الجهاز الدورى والدورة الدموية

للحلقـيات جهـاز نقل مزدوج يتكون من: الجـهاز الدورى والسائل السـيلومى، ويحمل هذا الجـهاز الفضـلات والغازات التنفسـية عن طريق كل من السـائل السيلومى

والدم. والجهـاز الدورى فى دودة الأرض جهاز مقفل من الأوعية الدمـوية التى تنتهى بشعيرات دموية فى الأنسـجة المختلفة. ويتركب الجهاز الدورى من خمسـة أوعية طولية أساسيـة، وعدد من الأوعية المستعرضة والعـديد من الفروع. وتشمل الأوعيـة الدموية الطـولية الآتـى (وقد أعطيت أسماء طـبقًا لوضـعهـا بالنسبـة للأعضاء المخـتلفة) (شكل ٤ ـ ١٠٦، ١٠٨):

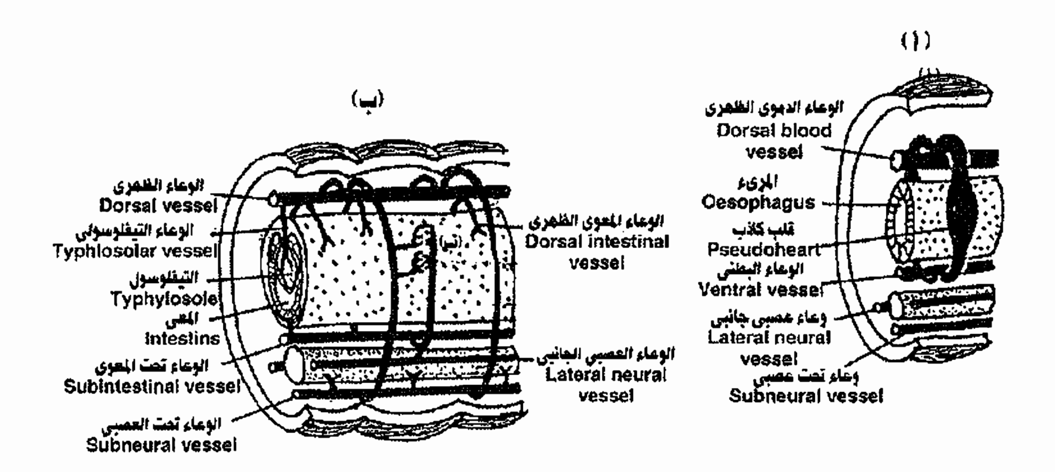
١ ـ وعاء دموى ظهرى يمتـد فوق القناة الهضمية بداية من البـلعوم حتى الشرج، وهو عضو متقبض يضخ الدم ومزود بصـمامات، ويستقـبل هذا الوعاء الدم من أوعية من جدار الجسم والقناة الهضمية.

٢ ـ وعاء دمـوى بطنى ويقع أسفل القناة الهـضميـة والذى يضخ الدم إليها كـما يغذى جدار الجسم والفم، ويبدأ بشعيرات دموية فى المنطقة البلعومية.

٣ ـ وعاء دموى تحت عصبى يوجد أسفل الحبل العصبى.

٤ ـ وعائين دمويين عصبيين جانبيين واحد على كل جانب من الحبل العصبى.

٥ ـ زوج من الأوعية الدموية التى تقع بالقرب من الجوانب البطنية للمرىء.



شكل (٤-١٠٨) *شكل تخطيطى يوضح ترتيب الأوعية الدموية فى دودة الأرض*

(أ) فى منطقة القلوب الكاذبة.

(ب) فى المنطقة المعوية.

وتشمل الأوعية الدموية العرضية الآتي:

١ ـ القلوب الكاذبة **pseudohearts** التي تصل ما بين الوعاءين الظهرى والبطني حيث يوجد ٦ أزواج منها وظيفتها الحفاظ على مستوى ضغط الدم ثابتا فى الوعاء الدموى البطنى.

٢ ـ الأوعية الظهرية تحت العصبية (الأوعية الجدارية)، وتصل بين الوعاء الظهرى والوعاء البطنى العصبي وتمتد من الأوعية الرئيسية فروعا تزود جميع الجسم منها الأوعية الدموية المعوية الظهرية، والأوعية المعوية البطنية والوعاء التفلوسولي.

الدورة الدموية في دودة الأرض

يتجمع الدم من:

١ ـ جدار الجسم والحواجز بين العقلية والنفريدات والأعضاء التناسلية والحبل العصبي (في الجزء الخلفي ابتداء من العقلة ١٢) في الأوعية الظهرية الجدارية التي تصب في الوعاء الدموى الظهرى، والذى يؤدى وظيفة قلب حقيقي فهو متقبض ومزود بصمامات تمنع مرور الدم في الاتجاه المضاد.

٢ ـ من جدار القناة الهضمية (خلف العقلة رقم ٥) في الأوعية الظهرية المعوية التي تصب في الوعاء الظهرى.

٣ ـ من جدار الجسم والنفريدات والحواجز بين العقلية والأعضاء التناسلية والحبل العصبي في العقل من ٦ ـ ١٢ في الأوعية الجدارية المريئية التي تصب في الوعاءين المريئيين الجانبيين اللذين يصبان في الوعاءين الدمويين الظهرجداريين في العقلة رقم ١٢ وبعد ذلك في الوعاء الظهرى.

٤ ـ من جدار الجسم والقناة الهضمية في الخمس عقل الأمامية في شعيرات تتصل مباشرة بالوعاءين المريئيين الجانبيين اللذين يصبان في النهاية في الوعاء الظهرى.

وبذلك يتجمع الدم من كل أجزاء الجسم ويصب في الوعاء الظهرى الذى ينقبض بحركة تموجية من الخلف للأمام وتمنع صماماته ارتداد الدم، ومنه يُضخ إلى القلوب الكاذبة ثم يمر إلى الوعاء الدموى البطنى حيث يُدفع الدم من الأمام للخلف وذلك عكس الحيوانات الفقارية.

ويلاحظ أن الدم يمر فى الجزء الأمامى من الوعاء الظهرى أمام القلوب الكاذبة حيث يتفرع فى النهاية إلى شعيرات تنتشر فى جدار القناة الهضمية والتى تجمع الدم فى الوعاءين المريئيين الجانبيين.

ويتركب الدم من بلازما سائلة تحتوى على خلايا أميبية هى كريات الدم. ويكون الصبغ التنفسى أرثركريورين **erythrocrurin** ذائبا فى البلازما. وهذا الصبغ يشبه الهيموجلوبين فى لونه ويساعد على نقل الغازات التنفسية. ويحمل الدم المواد الغذائية الممتصة إلى جميع أجزاء الجسم، كما يجمع نواتج الأيض والغازات التنفسية.

التنفس

لا يوجد فى **ديدان الأرض** جهاز تنفسى متخصص، ولكن يتم تبادل الغازات التنفسية من خلال الجلد الرطب المهيأ تمامًا لهذه الوظيفة. فالبشرة رقيقة تسمح بانتشار الغازات التنفسية، ويوجد تحت الجليد والبشرة شبكة غزيرة من الشعيرات الدموية حيث يتحد الأكسچين بالصبغ التنفسى ـ الأرثروكريورين الذائب فى البلازما ـ ومنها يُحمل لجميع أجزاء الجسم. ومما يساعد على ترطيب جسم الدودة هو السائل السيلومى الذى يمر من ثقب ظهرى فى جدار الجسم فى كل عقلة ـ ويكون مزودًا بعضلة عاصرة، وكذلك المواد المخرجة من النفريدات، والمخاط الذى تفرزه الخلايا المخاطية؛ لذلك فإذا تعرضت دودة الأرض لأشعة الشمس المباشرة فقد يجف الجلد، ويقف التنفس مما يؤدى إلى موت الدودة.

أما فى **العلق leech** فإن الشعيرات الدموية تخترق فيما بين خلايا البشرة ويتم تبادل الغازات من خلال جدار الجسم. وفى **الحلقيات المائية عديدة الأشواك** يتم التنفس إضافة إلى سطح الجسم، بواسطة القديمات **parapodia** وهى امتدادات مجوفة متحركة ومبططة تمتد من جسم الدودة وغنية بالشعيرات الدموية (شكل ٤ ـ ١١٥)، كما يوجد لبعض الحلقيات المائية خياشيم مزودة بشبكة غزيرة من الشعيرات الدموية.

الجهاز الإخراجى والإخراج

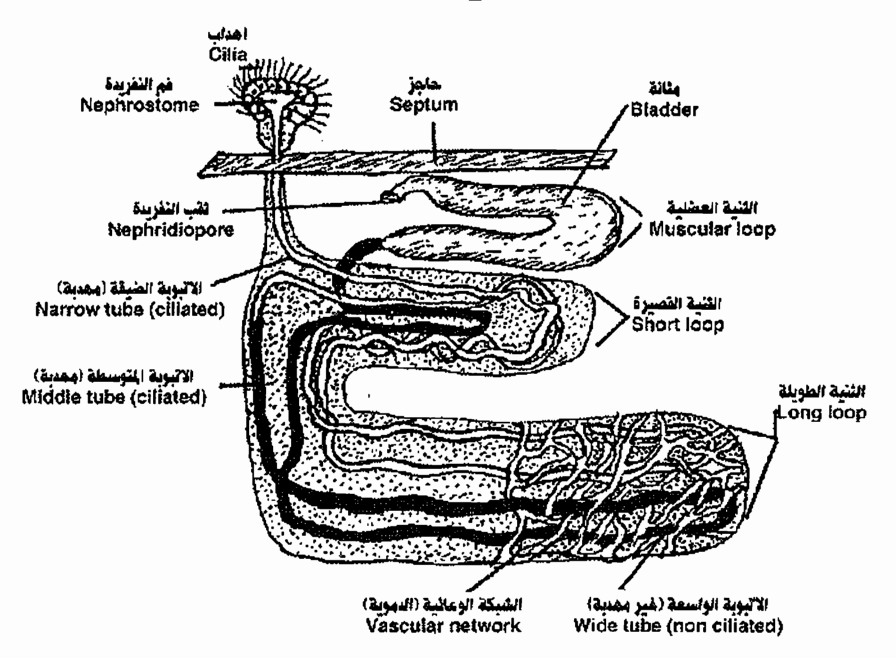
تتم عملية الإخراج بزوج من النفريدات التى توجد فى كل عقلة من عقل الجسم ما عدا الثلاثة عقل الأولى والعقلة الأخيرة. وتتركب كل نفريده (شكل ٤ ـ ٩٠١) من: فم مهدب أو ثغر النفريدة **nephrostome** الذى يوجد فى إحدى العقل، ويؤدى ثغر النفريدة إلى أنيبوبة مهدبة قصيرة تخترق الحاجز بين العقلى حيث تصبح كثيرة الالتواءات وتحاط بشبكتين من الشعيرات الدموية، وتؤدى الأنيبوبة المهدبة إلى أنيبوبة واسعة غير مهدبة تتسع لتكون تركيبًا يشبه المثانة والذى يفتح للخارج بواسطة ثقب

النفريدة **nephridiopore** الذى يقع بالقرب من الصف البطنى من الشويكات. ويتم الإخراج كالآتى:

١ ـ تُسْحب الفضلات الموجودة فى السيلوم بفعل حركة الأهداب المبطنة لثغر النفريدة.

٢ ـ فى الجزء الغدى من النفريدة يتم إزالة الفضلات الموجودة فى الدم التى تمر إلى تجويف الأنيبوبات. ولا تعمل النفريدة على إزالة المواد الإخراجية مثل البولينا، ولكنها تقوم بعمل اتزان مائى وملحى، وهو أمر ضرورى سواء فى البيئة المائية أو اليابسة، حيث يتم إعادة امتصاص الأملاح فى النفريدة. وفى الحلقيات التى تعيش فى التربة ـ مثل دودة الأرض ـ حيث يكون التوازن المائى مهمًا، يتم إعادة امتصاص الماء بواسطة النفريده. فوظيفة التنظيم الأزموزى يقوم بها سطح الجسم والنفريديا والأمعاء وكذلك الثقوب الظهرية. كما يمكن للأملاح والمياه أن تنفذ من الجليد، ويبدو أن الأملاح تحمل بواسطة النقل النشيط.

٣ ـ وتقوم النفريدات أيضًا بإزالة نواتج تكسير مادة الأرثروكيرورين.



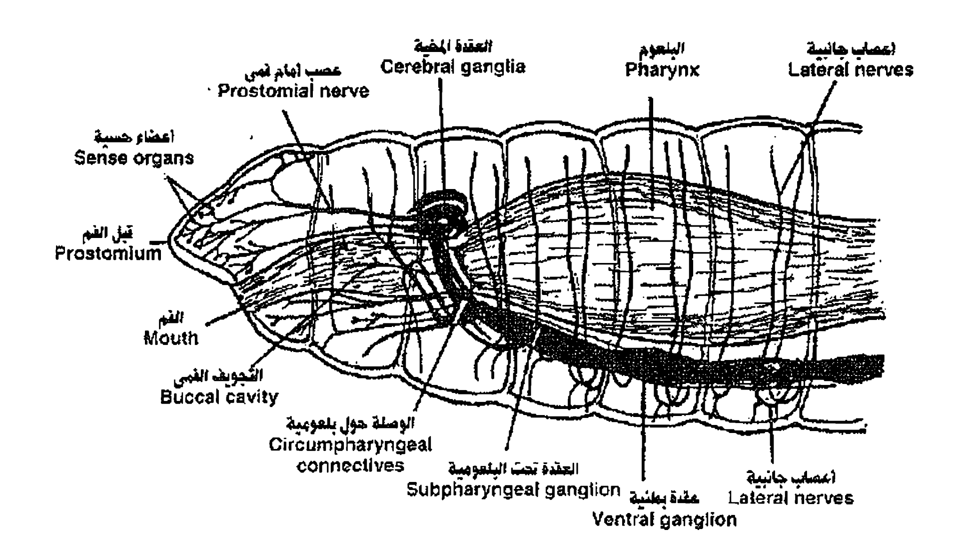
شكل (٤-١٠٩) شكل تخطيطى للكُلَيّة (النفريدة) فى دودة الأرض

إضافة إلى النفريديا فإن الخلايا الصفراء التى تحيط بالقناة الهضمية تستخلص الفضلات والأملاح من الدم كذلك تُنتج الأمونيا والبولينا. وتترسب هذه الفضلات فى الخلايا ثم تُطلق فى السيلوم. وأما تتكسر هذه الخلايا وتمر خلال ثغر النفريدة أو أنها تُلْتهم بواسطة الخلايا الأميبية الموجودة فى السائل السيلومى. كما تخرج بعض الفضلات النتروچينية من خلال سطح الجسم.

وعادة تُخرج قليلات الأهداب المائية الأمونيا. أما مثيلاتها الأرضية فتخرج البولينا. أما دودة الأرض (ابوركتوديا كاليجنوزا ***Aporrectodea caliginosa***) و(لمبيركس ***Lumbricus***) فتنتج كلا من الأمونيا والبولينا.

الجهاز العصبى (شكل ٤ - ١٠٦، ١١٠)

يُعْتبر الجهاز العصبى فى الحلقيات أكثر تقدما منه فى الشعب الأخرى فهو يتكون من جهاز عصبى مركزى وطرفى ويعكس درجة عالية من التكرار العقلى. وفى دودة الأرض يتركب الجهاز العصبى المركزى من المخ الذى يتكون من زوج من العقد فوق البلعومية التى تقع فوق البلعوم مباشرة، والذى يتصل بزوج من العقد العصبية تحت البلعومية (وهى مركز التحكم الحركى والإثارة الحيوية المنعكسة) والتى تقع أسفل البلعوم فى العقلة الثالثة، بواسطة زوج من الوصلات حول المريئية التى تلتف حول البلعوم، ويمتد من العقدة العصبية تحت البلعومية الحبل العصبى (شكل ٤ - ١١٠)، وهو حبل مزدوج يمتد بطول قاع السيلوم حتى العقلة الأخيرة ويحمل الحبل العصبى زوجا من



شكل (٤-١١٠) *الجزء الأمامى لدودة الأرض يوضح الجهاز العصبى*

العقد العصبية فى كل عقلة.

ويتركب الجهاز العصبى الطرفى من أعصاب تتفرع من الجهاز العصبى المركزى. فالعصب الذى يزود العقدتين الأولى والثانية والثالثة يتفرع من الوصلة حول المريئية. أما العقلة الرابعة فمن العقدة تحت المريئية. وابتداء من العقلة الخامسة تخرج بانتظام ثلاثة أزواج من الأعصاب من كل عقدة عصبية بطنيه تزود كل عقلة بالأعصاب.

ويشبه الجهاز العصبى الطرفى فى الحلقيات ذلك الذى يوجد فى الحيوانات الراقية حيث يحتوى أليافًا حركية وحسية. فالألياف هى امتدادات من الخلايا العصبية فى العقد العصبية، وتزود كل عقلة أو عضو، أما الألياف الحسية فتنشأ من الخلايا الحسية فى البشرة وتحمل النبضات إلى الحبل العصبى. والجهاز العصبى الطرفى ليس شبكة عصبية كتلك الموجودة فى الهدر، ولكنها تتكون من عناصر لها اتصالات محددة فى الحبل العصبى. كما يحدث الفعل المنعكس بالطريقة الاعتيادية.

وقد وُجدت خلايا إفرازية فى المخ والعقد العصبية للحلقيات سواء قليلات أو عديدات الأهلاب ذات وظيفة إفرازية داخلية **endocrine** وهى تفرز هرمونات عصبية تختص بتنظيم التكاثر والصفات الجنسية الثانوية والتجديد والتوازن المائى.

ويتميز الحبل العصبى لدودة الأرض بوجود ألياف عصبية عملاقة **giant nerve fibres** محاطة بغشاء ميلينى تتصل محاورها **axons** بعضها ببعض فى مشابك بين عقلية والتى تسمح بالتوصيل السريع للسيالات العصبية (بمعدل ١٠٠ قدم/ ثانية مقارنة بـ ٢٠ قدم ثانية فى الأعصاب الأخرى) وهو تكيف لحركات الهروب السريع.

كما يوجد جهاز عصبى حشوى يتكون من عقد بلعومية وأعصاب وهى تزود عضلات الأمعاء بالأعصاب.

أعضاء الحس

تنتشر أعضاء الحس البسيطة على سطح الجسم والكثير منها وحيد الخلية، ورغم أن ديدان الأرض تخلو من العيون، يوجد فى البشرة مستقبلات تشبه العدسات (شكل ٤ ـ ١٠٣) وعلى وجه الخصوص فى الحلقتين الأمامية والخلفية. ومعظم قليلات الأهداب سالبة الاستجابة للضوء القوى، ولكن موجبة بالنسبة للضوء الضعيف. وهذا مما يحفظها من التأثير القوى للضوء. كما تنتشر فى القبلفم خلايا حس للاستقبال الكيميائى. كما يوجد عديد من النهايات العصبية الحرة فى الجلد من المحتمل أن يكون لها وظيفة لمسية.

السلوك

لقد تأقلمت ديدان الأرض فـى المعيشة فى التربة، ورغم أنها من أكـثر الكائنات تجردًا من وسائل الدفاع، فإن وفرتها واتساع انتشارها تشير إلى مدى قدرتها على البقاء. وبرغم أن ليست لها أعضاء حس متخصـصة، إلا أنها حساسة لعديد من المؤثرات، مثل المؤثرات الميكانيكية التى تستجيب لها الديدان إيجابيًا عندما تكون ضعيفة أو متوسطة، ولكن لهـا استجـابة سالبـة للاهتزازات القوية، ممـا يجعلها تنـسحب فى أنفاقـها كـما تساعدها الاستجابة الكيميائية فى اختيار طعامها.

وتعد الاسـتجابات الكيـميائية واللـمسية مـهمة لحـياة دودة الأرض، فليس على الدودة أن تكون قادرة على اختـيار التربة ذات المحتـوى العضوى لتجد طعـامها المناسب فحسب، ولكن عليها الإحساس بطبيعة التـربة، وحموضتها، ومحتواها من الكالسيوم. وقد بينت التجارب أن لديدان الأرض القدرة على التعلم، ويصاحب هذا التعلم مكافأة. فيـمكن تدريب إحدى ديدان الأرض إلى العـودة إلى الظلام تماما إذا اسـتقبلت صـدمة كهربائية عند تحركها فى المنطقة المضيئة، وبذلك يكون الظلام هو البيئة البديلة.

الحركة

تتحـرك ديدان الأرض بالانبساط والانقـباض، وتثنى جسـمها بواسطة الطبـقات العضلية جيدة التكوين، كما أنها تستخدم الشويكات، وذلك باستخدام عضلات مرجعة لإعادة الشويكات فى أغلفـتها. أما العضلات الباسطة (شكـل ٤ ـ ٤ ١٠). فتعمل على بروز الشويكات التى يمكن أن تتحرك أمامـا وخلفا، وتعمل هذه الشويكات على سحب جسم الدودة فى كلا الاتجاهين وهى موجودة فى أنفاقها.

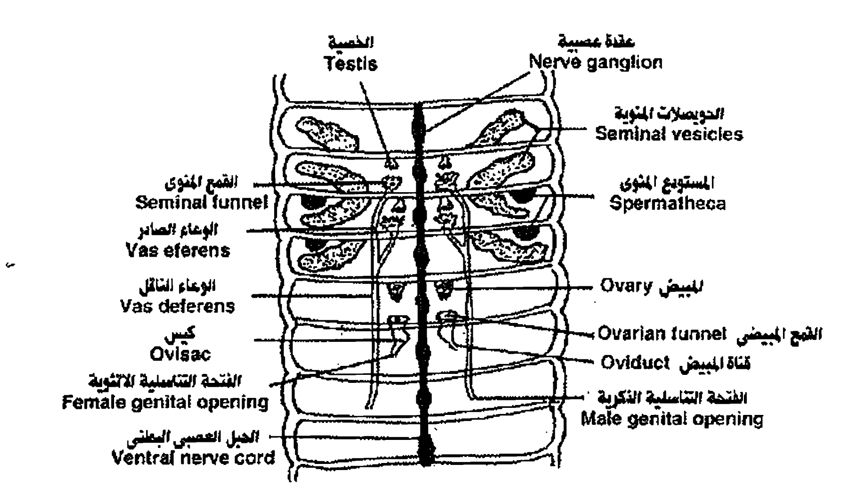
الجهاز التناسلى لدودة الأرض الشائعة أبوركتوديا كاليجينوزا *Aporrectodea caliginosa*

ديدان الأرض خناث أى أن الأعضـاء الذكرية والأنثويـة توجد فى نفس الدودة. ويتركب **الجهاز التناسلى الأنثوى** (شكل ٤ ـ ١١١) من:

١ ـ زوج من المبـايض يوجد فى العـقلة رقم ١٣، وكل مـبيض يكون كـمثـرى الشكل ومتصلا بالسطح الخلفى للحاجز الأمامى للعقلة.

٢ ـ زوج من الأقمـاع المهدبة فى العقلـة رقم ١٣، ويؤدى كل قمع مبـيضى إلى كيس بيض منتـفخ يتصل بقناة مبـيض قصيـرة ليفتح للخـارج بواسطة الثقب التناسلى الأنثوى على السطح البطنى للعقلة رقم ١٤. وتنضج البويضات فى كيس المبيض.

٣ ـ زوج من المستودعات المنوية فى العقلتين ١٢ ، ١٣ والذى يستقبل الحيوانات المنوية من دودة أخرى.



شكل (٤-١١١) *الجهاز التناسلى فى دودة الأرض*

ويتركب الجهاز التناسلى الذكرى (شكل ٤ ـ ١١١) من:

١ ـ زوجين من الخصيات فى العقلتين ١٠ ، ١٢ .

٢ ـ يقابل كل خصية قمع منوى مهدب يؤدى إلى وعاء صادر يخترق الحاجز بين العقلى ، وتتحد القناة المنوية بالخصية الخلفية ، وتتحد القناتان المنويتان ليكونا قناة واحدة هى الوعاء الناقل ، ويفتح كل من الوعائين الناقلين بواسطة الثقب التناسلى الذكرى الذى يوجد على السطح البطنى للعقلة رقم ١٤ .

٣ ـ أربعة أزواج من الحويصلات المنوية التى توجد على جانبى المرىء فى العقل ٩ إلى ١٢ .

تاريخ الحياة

رغم أن ديدان الأرض خناث ، ولكن يحدث دائما التكاثر الخلطى بين دودتين. فتتكون الحيوانات المنوية فى الخصية وتنضج فى الحويصلات المنوية ثم تمر خلال الوعاء الصادر فالوعاء الناقل ومنها إلى الخارج عن طريق الفتحة التناسلية الذكرية. أما البيض

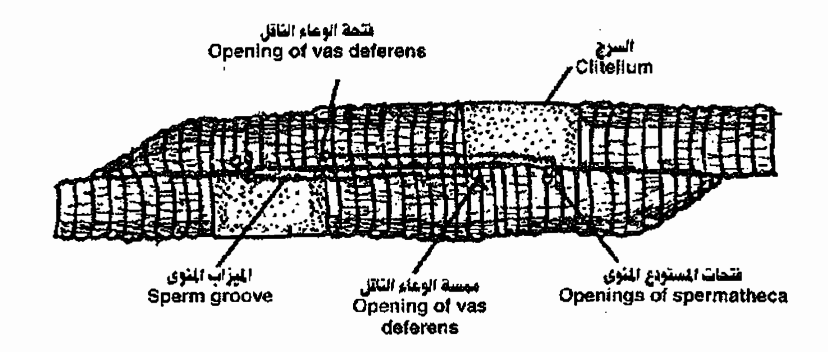
فبعد نضجه يُطْلق حرًا فى التجويف السيلومى، ويُجْمع بالحركات الهدبية لقمع المبيض ومنه إلى قناة البيض، ويختزن البيض فى كيس المبيض.

ويحدث التكاثر فى ديدان الأرض فى أى فصل من فصول العام، ويتم التسافد عادة فى الليل. وعند التزاوج تلتصق الدودتان بطنا لبطن (شكل ٤ ـ ١١٢ لوحة رقم ٤ ـ ١١) وباتجاهين مضادين بمادة مخاطية يفرزها السرج والغدد المخاطية. وتخترق الشويكات التناسلية البطنية لإحدى الديدان تلك التى للدودة الأخرى فى منطقة الالتصاق، بحيث تتقابل منطقة السرج فى إحدى الديدان مع منطقة المستودع المنوى، ثم تتبادل الديدان الحيوانات المنوية لإحدى الديدان إلى المستودعات المنوية للدودة الأخرى بعملية شفط خلال القناتين اللتين تتكونان بالميازيب المنوية المتقابلة (شكل ٤ ـ ١١٢، ١١٣) التى توجد على السطح البطنى لكلتا الدودتين. ومما يساعد حركة الحيوانات المنوية بطول الميازيب المنوية حركة العضلات التى تُكون تلك الميازيب.

وبعد عملية التسافد التى قد تستمر لمدة ثلاث ساعات، تنفصل الدودتان، وبعد بضعة أيام من التسافد وعندما يتم نضج البيض، يفرز السرج حلقة تشبه الشرنقة يُوضع فيها البيض، وتتكون الشرنقة من مادة شبيهة بالكيتين وتحيط بالمنطقة السرجية. ثم تفرز الغدة السرجية مادة زلالية فى الفراغ بين السرج والشرنقة. ثم تسحب الدودة نفسها للخلف، وبينما تتحرك الشرنقة حول الدودة تستقبل البيض من الثقوب التناسلية الأنثوية والحيوانات المنوية من المستودعات المنوية وذلك بتأثير الضغط. وبينما تنزلق الشرنقة فوق الطرف الأمامى للدودة، تغلق نهايتها (شكل ٤ ـ ١١٤). وتتم عملية الإخصاب بعد أن تكون الشرنقة قد انزلقت فوق رأس الدودة. ثم تُتْرك فى التربة، وتنمو الزيجوتات إلى أجنة تتغذى على مادة الألبومين الموجودة داخل الشرنقة. وتحتوى الشرنقة من بيضتين إلى عشرين بيضة، وعادة لا تنمو كل الأجنة، إذ إن واحدًا منها أو اثنين يتغذيان على بقايا الأجنة الأخرى. وعند الفقس تتكون دودة صغيرة شبيهة بالدودة البالغة، ولا ينمو لها سرج حتى يتم بلوغها النضج الجنسى.

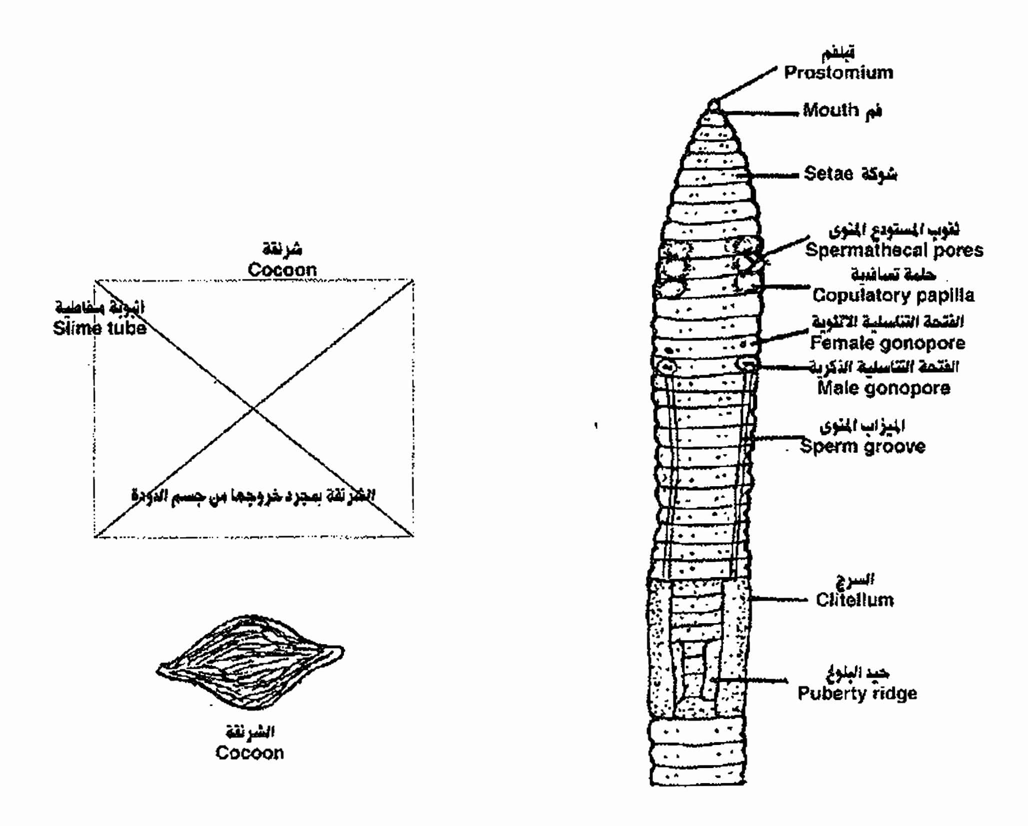
الجهاز التناسلى فى العلق الطبى هيرودو ميديسينالس (شكل ٤ ـ ١٠٧)

العلقيات خناث ولها جهاز معقد، فيتكون **الجهاز الذكرى** من ٩ أزواج من الخصيات الصغيرة فى العقل ١٢ ـ ٢١، وتتصل كل خصية من الجانب بوعاء صادر يصب فى وعاء ناقل يتجه للأمام ويؤدى إلى الحويصلة المنوية التى تخرج منها قناة قاذفة. وتفتح القناتان القاذفتان من خلال عضو تسافد عضلى يبرز من الثقب التناسلى الذكرى الذى يقع عند منتصف السطح البطنى للعقلة رقم ١١. أما **الجهاز الأنثوى**



شكل (٤-١١٢)

التزاوج فى دودة الأرض وعملية تبادل الحيوانات المنوية خلال التسافد



شكل (٤-١١٣) السطح البطنى لدودة الأرض **شكل (٤-١١٤)** عملية تكوين الشرنقة

فيتركب من مبيض يخرج من كل منهما قناة مبيضين وتتحد قناتا المبيض فى غدة زلالية تؤدى إلى المهبل الذى يفتح للخارج على السطح البطنى للعقلة رقم ١٢ (شكل٤ ـ ١٠٧ب).

والعلقيات وإن كانت خناثا إلا أن الإخصاب فيها خلطى ويتم أثناء عملية التسافد. وينتقل المنى عن طريق القضيب أو الحقن تحت الجلدى حيث تخرج حزمة من الحيوانات المنوية تخترق جلد الدودة الأخرى. وبعد التسافد يفرز السرج شرنقة تستقبل البيض والحيوانات المنوية. وتُدْفن الشرانق فى طين القاع أو قد تلتصق على الأجسام المغمورة أو تُوْضع فى التربة الرطبة كما فى بعض الأنواع الأرضية. أما طريقة النمو والتكوين فتشبه تلك التى لدودة الأرض.

التجديد

لديدان الأرض قدرة فائقة على التجديد، فلها القدرة على تجديد الأجزاء المفقودة أو العقل المقطوعة، فإذا قُطعت الدودة عند العقل ١٥ ـ ١٨، فيجدد الجزء الأمامى ذيلاً، والجزء الخلفى رأسًا. ولا يوجد أكثر من خمس عقل يمكنها أن تتجدد عند الطرف الأمامى. ولا يمكن تجديد رأس إذا كان الجزء المقطوع خلف العقلة رقم ١٨. وفى هذه الحالة تكون الديدان المقطوعة ذات ذيلين بعد عملية التجديد. ومثل هذه الديدان تموت جوعا. وقد بينت التجارب أن تجديد الأجزاء الخلفية المقطوعة يتوقف على وجود العقد المخية، كما أن العقدتين تحت البلعومية ضروريتان لعملية التجديد، ومن المحتمل أن هذه العقد تكون مصاحبة بإزالة أوعية دموية معينة تحمل إفرازات عصبية من العقد المخية.

أما ديدان العلق فلها قدرة ضعيفة أو لا يوجد لها قدرة على التجديد. ويظهر أن التجديد فى ديدان الأرض يتبع نظرية التدرج المحورى **axial gradiant theory** والتى تؤكد أن السيادة الفسيولوجية للطرف الأمامى. كما يمكن تطعيم **grafting** ديدان الأرض، إذ يمكن تطعيم (لحم) عدة أجزاء من ديدان مختلفة لتكون دودة واحدة. وباتباع طرق التطعيم أمكن الحصول على دودة ذات رأسين أو ثلاثة ذيول بتوصيل القطع المناسبة من الديدان.

علاقة الحلقيات بالإنسان

تستخدم **ديدان الأرض** من قبل صيادى الأسماك والهواة كطعم لصيد الأسماك وكذلك كغذاء لكثير من أنواع الأسماك فى المزارع السمكية. كما أنها تكون طعاما لبعض أنواع الطيور. ولا غرو فنشاط ديدان الأرض فى التربة له تأثيرات مفيدة. فوجود ديدان الأرض يزيد من خصوبة التربة وذلك بحفرها أنفاقًا تساهم فى:

١ ـ زيادة تسريب الماء فى التربة وتهويتها.

٢ ـ جعل التربة أكثر تفككا وأكثر مسامية.

٣ ـ تقليب التربة وخلطها.

٤ ـ مساعدة جذور النبات لاختراق أعماق التربة.

٥ ـ تساعد البكتريا المثبتة للنتروجين فى تثبيت النتروجين.

وتعمل ديدان الأرض على تقليب التربة حيث تجلب التربة التحتية لأعلى من خلال إخراج فضلاتها، بينما تنقل المواد العضوية إلى المستويات الأسفل. وقد قُدِّر أن يمكن لديدان الأرض من حمل ٧,٥ ـ ١٨ طنا / فدان/ سنويا إلى أعلى التربة. كما تتغذى ديدان الأرض على التربة وفتات النباتات التى تمر عبر قناتها الهضمية وتُطْرد للخارج على شكل فضلات. ولكى تقوم بذلك تطحن أوراق النبات، وكذلك المواد العضوية فى القانصة حيث تتحول إلى جزيئات دقيقة، ثم تُمرر هذه المكونات فى الأمعاء حيث تختلط بالأنزيمات الهاضمة. وتعمل المواد التى تخرجها الدودة مع فضلاتها لإثراء التربة بالمواد النتروچينية الهامة. ويمكن لدودة أرض أن تبلع ما يوازى وزنها من التربة كل ٢٤ ساعة. كما تعمل ديدان الأرض بتقليبها التربة على رفع الأملاح المعدنية التى توجد فى التربة التحية مثل الفوسفور والبوتاسيوم وغيرها ورفعها إلى أعلى التربة ليستفيد منها النبات. ونظراً لأهمية ديدان الأرض فقد تم استزراع وتربية ديدان الأرض على نطاق واسع باستخدام التقنيات الحديثة، وإضافتها للتربة لتزيد خصوبتها وتهويتها وللتقليل من استخدام المخصبات الكيميائية لتقليل معدلات التلوث.

أما بالنسبة **للعلق الطبى** (لوحة رقم ٤ ـ ١١) فقد ساد استخدامه لقرون طويلة لفصد الدم فى الإنسان استناداً إلى الفكرة الخاطئة أن الحمى التى تصيب الجسم سببها الدم الزائد، وتعرف هذه الممارسة بالحجامة. ويمكن لأحد ديدان العلق الطبى التى طولها ١٠ ـ ١٢ سم أن تستطيل كثيراً ويكبر حجمها عندما تمتلئ حوصلتها بالدم، وذلك لامتصاصها كمية كبيرة من الدم. وخلال القرن التاسع عشر فى أوروبا وكثير من البلدان كان جمع العلق وتربيته فى البرك ويمارس بصورة تجارية.

وتعيش بعض أنواع العلق **leeches** فى التربة فى المناطق الاستوائية الرطبة أو فى الجداول والبرك وغيرها. وهى تهاجم الإنسان وغيره من الحيوانات التى ترتاد تلك المناطق، حيث تلتصق بجلودها وتمتص كميات كبيرة من الدم. وإذا كان عدد العلق الذى يهاجم الإنسان كبيراً فقد يؤدى ذلك إلى موت الشخص بسبب فقد كميات كبيرة

من الدم، إضافة إلى النزيف الذى تحدثه الجروح التى تتركها على سطح الجلد. وقد يدخل بعض أنواع العلق إلى المسالك البولية حيث يمكنها أن تعيش فيها متعلقة بمصاتها. والأنواع التى تتغذى على دم الشدييات تنجذب إلى عوائلها عن طريق حرارة أجسامها.

النيرس *Nereis*

دودة الرمل **Sandworm**

تنتمى ديدان النيرس (لوحة رقم ٤ ـ ١١) إلى طائفة عديدات الأهلاب **Polychaeta** وهى من أكثر أنواع الديدان شيوعًا فى المناطق الشاطئية والمنطقة المد جذرية، حيث تسبح بهز أجسامها، أو توجد تحت الأحجار والأعشاب المائية وفى المناطق الرملية حيث تستقر مختبئة بأجسامها بينما تبرز رءوسها. ورغما من مقدرتها على السباحة، ولكن تقضى الدودة معظم حياتها فى جحورها التى تحفرها فى الرمل، وأحيانا تترك أنفاقها لتحفر أنفاقًا جديدة. وتبلغ ذروة نشاط هذه الديدان أقصاها فى الليل حيث تتلوى خارج مخابئها وتسبح فى الماء أو تزحف فوق الرمال باحثة عن طعامها.

ويُعْتبر النيرس، وعديدات الأهلاب بشكل عام هى أقل الحلقيات تحورًا؛ لذلك تعتبر من الأمثلة للحلقيات عديدات الأهلاب.

الشكل الخارجى (شكل ٤ - ١١٥)

تتميز ديدان النيرس بجسم طويل مسحوب ينتهى بطرف خلفى مدبب، ويتكون جسمها، ككل الحلقيات من عدد من العقل الشبيهة بالحلقات والتى يفصل بعضها عن بعض ميازيب عقلية **intersegmental grooves** وفى بعض الأنواع يبلغ عدد عقل الجسم حوالى ٢٠٠ عقلة، وقد يصل طول الدودة إلى ٣٠ ـ ٤٠ سنتيمترا. ولأن دودة النيرس أكثر نشاطًا من دودة الأرض؛ لذلك يوجد لها رأس واضح مميز ويُطْلق على هذه الظاهرة «تكوين الرأس ـ ترئيس» **cephalization**. فقبل الفم وحول الفم أكثر وضوحا ويكونان رأسًا مميزة مزودة بأعضاء حس للرؤية واللمس والتذوق.

فقبل الفم عبارة عن فص ثلاثى يوجد أعلى الفم، ويحمل على سطحه الظهرى أربع عيون صغيرة حساسة للضوء وزوجا من اللوامس قبل الفمية **prostomial tentacles** فى الأمام وهى حساسة للمس، وزوجا من الملامس قبل الفمية **prostomial palps** وهو أكبر وأسمك كثيرًا ويقع فى الخلف ومن المحتمل أن تكون

وظيفته للتـذوق. ويحيط بالفم حولفم **peristome** يتكون من عقلتين متـحدتين معًا، يحمل أربعـة أزواج من اللوامس حول الفـمية الطويلـة (شكل ٤ ـ ١١٥). ويلى حول الفم عقل الجسم، التى عـدا العقلة الأخيرة أو الشـرجية، كلها متشـابهة، ويحمل كل منهـا زوجًا من الأطـراف يُطْلق عليهـا القـديمـات **parapodia** وتتكون كل قـديمـة (شكل ٤ ـ ١١٥) من: قطعة ظهـرية ذات فصين هى القـديمة الظهرية **notopodium**، وقديمة بطنية هى القديمة العـصبية **neuropodium** ذات فصين أيضا. وتُدعم كل قديمة بواسطة شـويكات أو أهلاب تدعـمـهـا شـوكـة طويلة سـميكة يطلق عليـهـا الإبرة **aciculum**، وتحمل القطعـة الظهرية ذؤابة حسيـة ظهرية، وبالمثل تحمل القـديمة البطنية ذؤابه بطنية **ventral cirrus**. وتعمل القـديمات كأطراف وأيضا كـخياشيم حـيث إنها عريضة ورقيقة ومزودة بشبكة غزيرة من الشعيرات الدموية. وتفتح فتحة الشرج فى نهاية العقلة الأخـيرة التى تخلو من القديمات، وبدلاً من ذلك تحـمل ذؤابة طويلة هى الذؤابة الشرجية **anal cirrus**. ويقع زوج من الثقوب النفريدية على كل عقلة تحت قاعدة كل قديمة فى الجهة البطنية ما عدا فى الطرفين الأمامى والخلفى للجسم.

تركيب جدار الجسم

يتركب جدار الجسم من نفس الطبقات الموجودة فى ديدان الأرض. فيغطى الجسم بشرة تحتـوى على خلايا غدية وحسـية، وتغطيها طبقـة رقيقة من الجليـد، ويلى البشرة طبقة رقيقة من العضلات الدائرية تليها طبقة سميكة من عضلات طولية تنقسم إلى أربعة مجاميع أو حزم، تفصل بينها أجزاء كـبيرة من النسيج الضام. إضـافة إلى ذلك يوجد زوجان من العضـلات المائلة فى كل عضلة تمتد بين جدار الجسـم والقديمات التى تعمل على حركتها (شكل ٤ ـ ١١٥).

ويوجد تجـويف سيلومى واسع يحـتوى على سـائل سيلومى، ويُبطن بغـشاء أو طلائية سيلوميـة تكون مقسمة بواسطة الحواجز بين العـقلية. ويوجد فى كل عقلة زوج من النفريدات الصغيرة الحجم القليلة الالتواء خلافًا لنفريدات ديدان الأرض.

الحركة

يعيش النيرس فى القاع الرملى، ويزحف بين الأحجار والأعشاب المائية، وأحيانا يسبح سـباحة حـرة فى الماء بمساعدة القـديمات والشويكات. وتعمل القـديمات كأطراف بحركتها جيئة وذهابا مثل المجاذيف. ومما يساعد على حركة القديمات الانقباض العضلى المتبادل الذى يحدث على جانبى الجسم، وكذلك التواءات الجسم التموجية الجانبية والتى

تختلف تمامًا عن الحركة في دودة الأرض. ويمكن للنيرس أن يسبح فى الماء بسرعة كبيرة واستخدام تلك الحركات لسحب الماء داخل الأنفاق أو ضخه خارجها.

الجهاز الهضمى

يتغذى النيرس على الأحياء المائية كالقشريات والديدان الصغيرة وغيرها. ويفتح الفم فى تجويف فمى واسع يؤدى إلى بلعوم عضلى، ويبطن الحجرتان طبقة كيتينية تكوّن سميكة فى بعض المناطق لتكون أسنانا صغيرة مرتبة فى صفوف دائرية منتظمة، وكذلك فكين مقوسين كبيرين فى البلعوم العضلى. ويمكن قلب كلتا المنطقتين ومدهما للأمام خارج الفم (شكل ٤ ـ ١١٥) خلال عملية التغذية. وبذلك يمكن للنيرس أن يقبض على الفريسة باستخدام فكوكه القوية ثم سحبها للداخل عند سحب البلعوم للداخل بواسطة الانقباض العضلى. وتساعد الأسنان فى سحب الفريسة وتمزيقها أثناء تراجع البلعوم، ويؤدى البلعوم إلى مرىء ثم أمعاء طويلة غير مزودة بثنية وتنتهى بفتحة الشرج فى العقلة الأخيرة.

التنفس

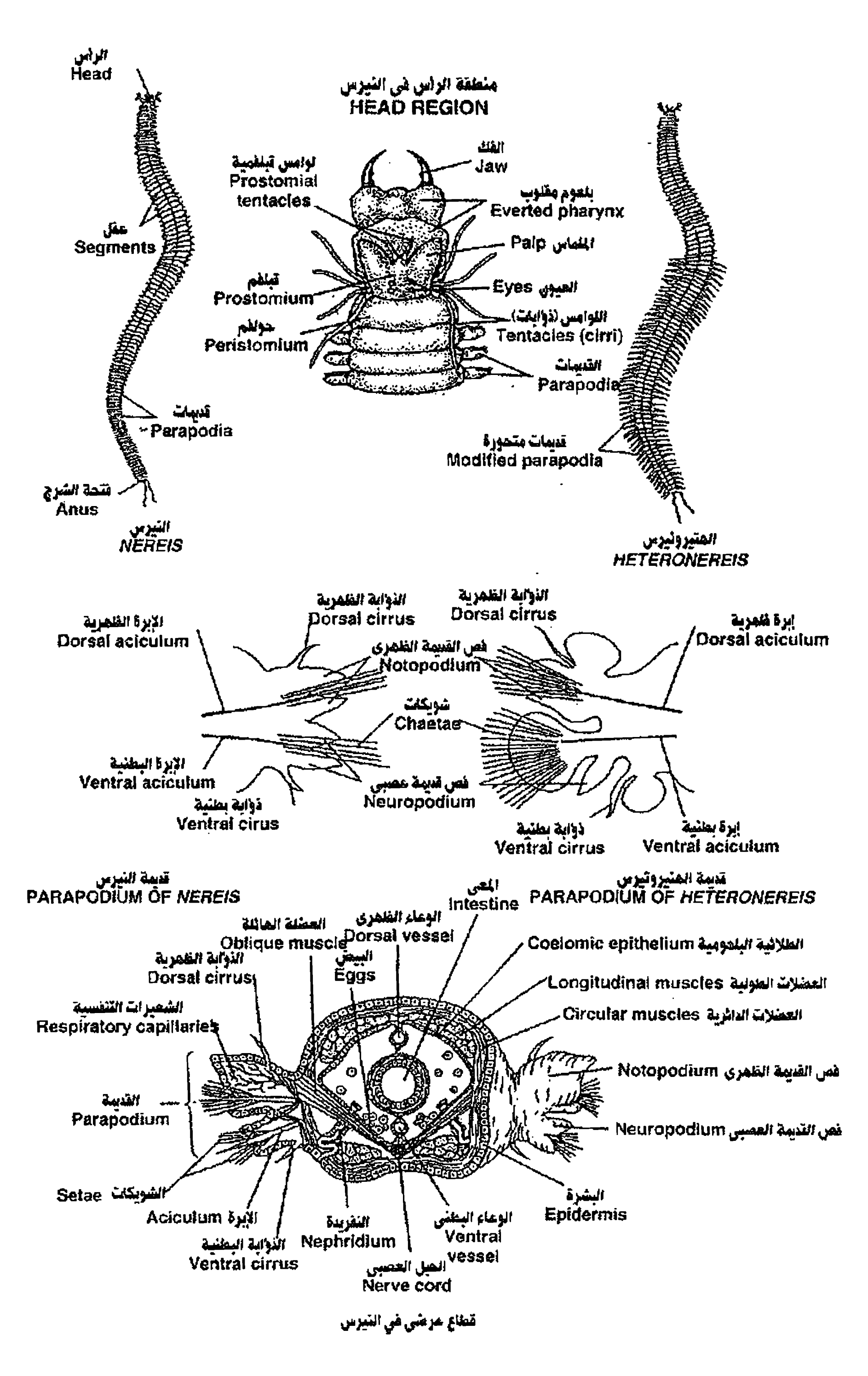
تتنفس ديدان النيرس بتبادل الغازات التنفسية من خلال سطح الجسم كما فى دودة الأرض. ولما كان النيرس من الديدان النشطة لذا يلزمه كميات أكبر من الأكسجين، ويحتاج إلى سطح أكبر لتبادل الغازات لذلك تعمل القديمات، وهى نتوءات عريضة ورقيقة ومزودة بشبكة غزيرة من الشعيرات الدموية، كخياشيم ذات كفاءة عالية (شكل ٤ ـ ١١٥).

الإخراج

يتم الإخراج بواسطة النفريدات التى يوجد زوج واحد منها فى كل عقلة ـ ما عدا العقلة حول الفمية والعقلة الشرجية ـ وتفتح كل نفريدة داخليا فى السيلوم بواسطة ثغر نفريدى مهدب، وتفتح للخارج بثقب إخراجى يوجد تحت قاعدة القديمة.

الجهاز الدورى

يتركب من وعاءين متقبضين أحدهما ظهرى والآخر بطنى يمتدان أعلى وأسفل القناة الهضمية ويتحد الوعاءان بعضهما ببعض فى كل عقلة بأزواج من الأوعية

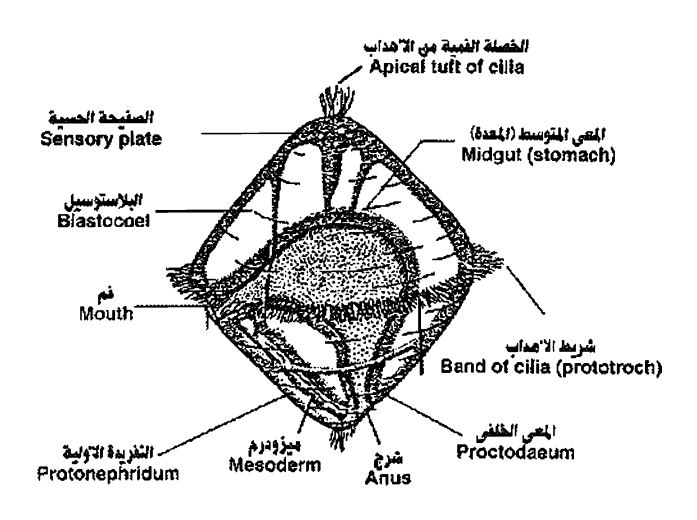


شكل (٤-١١٥) النيرس والهتيرونيرس: مثال من الديدان عديدات الأهلاب

المستعرضة المتقبضة والتى تمتد داخل الحواجز بين العقلية على جانبى القناة الهضمية. ويتفرع من الأوعية المستعرضة تفرعات جانبية إلى الأمعاء والقديمات وجدار الجسم فى كل عقلة. ويحتوى الدم ذو اللون الأحمر على مادة الهيموجلوبين الذائبة في البلازما.

الجهاز التناسلى وتاريخ الحياة

الديدان وحيدة الجنس، والمناسل عديدة وتنشأ من الطلائية السيلومية فى العقل على شكل نتوءات مؤقتة. وتتكون المناسل خلال فصول معينة من السنة. وتنفصل الخلايا التناسلية المكونة إما للمنى أو للبيض، وتنضج فى التجويف السيلومى. ولا توجد مناسل وقنوات تناسلية تحمل البيض والمنى إلى الخارج. ويتم تكوين الأمشاج من طبقة البريتون. وفى موسم التكاثر عندما تنضج الديدان، تترك الديدان أنفاقها فى رمل القاع، وتسبح بنشاط عند سطح الماء. وتجذب الذكور الإناث وتتجمع كلها فى أعداد هائلة عند سطح الماء حيث تنفجر العقل التى تحتوى على المناسل، مؤدية إلى خروج الحيوانات المنوية والبيض حيث يتم الإخصاب. ويتكون الزيجوت الذى ينمو ويفقس إلى يرقة حرة السباحة تسمى التروكوفور ـ المطوقة **trochophore** (شكل ٤ ـ ١١٦) والتى تتحور بالتدريج إلى الدودة اليافعة.



شكل (٤-١١٦) يرقة المطوقة

Trochophore larva

وتحيط بيرقة المطوقة حلقة هدبية قبلفمية **preoral ciliated ring** والتى تسبح بواسطتها وتدفع جزيئات الغذاء إلى الفم، كما يوجد عضو حسى قمى يحمل خصلة من أهداب قمية على القطب العلوى، كما توجد لليرقة أمعاء كاملة تبدأ بالفم وتنتهى بالشرج، وتوجد نفريدة يرقية وبعض خلايا الميزودرم، ويوجد بداخلها تجويف البلاستولة الكبير. ثم يستطيل الجزء الأسفل أو النصف بعد الفم ليرقة المطوقة بالتدريج ثم تنقسم إلى مجموعة من العقل التى تنمو لها شويكات **bristles**، وتختفى الحلقة المهدبة لليرقة وتتجه الدودة نحو القاع حيث تستمر فى النمو بزيادة عقل جديدة فى المنطقة الخلفية خلال فترة حياتها.

الهتيرونيرس *Heteronereis*

فى بعض أنواع النيرس لا يوجد أى خلاف ظاهرى بين الديدان غير الناضجة والناضجة جنسيا. أما فى أنواع أخرى فيوجد هناك تغيير واضح فى الجسم؛ لذلك يمكن التمييز بين طورين، الطور الجنسى الناضج والذى يختلف تماما عن النوع غير الناضج، مما دعا العلماء لإطلاق اسم جنس جديد عليه هو هتيرونيرس (شكل ٤ ـ ١١٥) ***Heteronereis***، ولكنه فى الواقع ليس كذلك فهو الطور الجنسى لأحد أنواع النيرس.

ويظهر على طور الهتيرونيرس تحورات متباينة وعلى وجه الخصوص فى العقل الخلفية التى تحتوى على المناسل (شكل ٤ ـ ١١٥)؛ لذلك يمكن التمييز بين منطقتين فى الجسم، جزء أمامى يُطلق عليه العقيم **atokous form** يحتوى على عقل عادية غير متغيرة وحجم القديمات هو الحجم العادى. وجزء خلفى يُطلق عليه المخصب **epitokous form** (حيث تتكون الجاميطات) والذى يحمل أطرافا متحورة ويختلف فى شكله عن الجزء الأمامى، حيث تكون القديمات أكثر تفلطحًا ونموًا ويظهر لها نتوءات إضافية عريضة ورقية الشكل. ويحل محل الشويكات أخرى أكثر طولا وشبيهة بالمجاديف والتى توجد على شكل مروحة على القديمة (شكل ٤ ـ ١١٥). وبذلك تزداد قدرة الدودة على السباحة. أما العيون فتصبح أكبر حجمًا وتتحد العينان على كل جانب. وعند موسم التزاوج يترك الهتيرونيرس الأنفاق ويسبح عند السطح بنشاط حيث يتم الإخصاب بعيدًا عن الشاطئ.

التصنيف

تنقسم شعبة الحلقيات إلى ثلاث طوائف رئيسية هى:

١ـ طائفة: قليلات الأهلاب (الأشواك) - أوليجوكيتا OLIGOCHAETA

تعقيل الجسم واضح، والأشواك قليلة فى كل عقلة، وتخلو من القديمات، الرأس صغير غير مميز، والسيلوم واسع ومقسم بحواجز بين عقلية. الديدان خناث ولا يوجد طور يرقى، مع وجود سرج، وهى إما تعيش فى التربة أو فى الماء، وسُجل ما يربو على ٣٥٠٠ نوع.

الأمثلة: دودة الأرض *Aporrectodea* (لوحة رقم ٤ ـ ١١)؛ لمبريكس *Lumbricus*؛ تيبوفكس *Tubifex*، وميجاسكوليدس اوسترلاس *Megascolides australis* التى قد تصل إلى أكثر من ٣ متر فى الطول.

٢ـ طائفة: عديدة الأهلاب ـ بوليكيتا POLYCHAETA

الرأس جيد التكوين ومميز وتحمل اللوامس والعيون، لمعظم عقل الجسم زوائد هى القديمات تحمل خصلات من الأهلاب، تخلو من السرج، الأجناس عادة منفصلة، قد يتكاثر بعض أنواعها لاجنسياً. يوجد لها فى العادة يرقة وهى المطوقة، معظمها بحرى. وتشمل عديدات الأهلاب مجموعتان الهائمات: **Errantia** والمقيمات **Sendentaria**، وقد سجل منها ما يربو على ١٠ آلاف نوعا.

الأمثلة: نيرس ـ دودة الرمل *Nereis*، ارينيكولا *Arenicola*، افروديتا *Aphrodita*، وكيتوبتيرس *Chaetopterus*.

٣ـ طائفة: العلقيات HIRUDINOIDEA (HIRUDINIDA)

عدد عقل الجسم ثابت، وتقسم كل عقلة من الخارج إلى عدد من الحلقات **annuli** ويوجد عادة ممص فمى وآخر ذيلى، لا توجد قديمات أو أهلاب، السيلوم مختزل ومملوء بالعضلات والنسيج الضام. الأجناس خناث، ولا توجد يرقة والتكوين مباشر. تقطن اليابسة والمياه العذبة والبحرية، ويعرف منها حاليا حوالى ٥٠٠ نوعا.

الأمثلة: هيرودو ميديسينالس *Hirudo medicinalis* (لوحة رقم ٤ ـ ١١)، ماكروبيدلا *Macrobdella*، وهولوبيديلا *Holobdella*.



الفصل العشرون

شعبة مفصليات الأرجل

ARTHROPODA

مفصليات الأرجل من أكبر شعب المملكة الحيوانية، فهى تشمل ما يربو على ثلاثة أرباع أنواع الحيوانات المعروفة التى تشمل ما يربو على ١,٣ مليون نوع، وربما يكون هذا العدد جزءًا قليلاً من أحياء لم تُكتشف بعد ويُقدر عدد الأنواع بحوالى ١٠ مليون نوع . وتشمل مفصليات الأرجل على القشريات (مثل: الجمبرى (الأربيان) والسرطان، والاستاكوزا (جراد البحر)، وبراغيث الماء، والسيكلوبس وغيرها)، والعناكب، والعقارب، والقراد، والحلم، وذو الألف رجل وذو المائة رجل والحشرات إضافة إلى عدد هائل من الحفريات.

وتعيش المفصليات فى كل أنواع الموائل من الأعماق السحيقة للمحيطات حتى قمم الجبال العالية، وفى المناطق المدارية والقطبية، وبذلك تضم أنواعا كثيرة قد تأقلمت على المعيشة فى جميع أنواع البيئات: فى الهواء، والمياه العذبة والماثلة للملوحة ومياه البحار، وداخل أو على أجسام النباتات والحيوانات الأخرى. بل إن هناك أنواعًا تعيش فى مناطق بيئية لا يمكن لأى كائن آخر أن يعيش فيها. ومعظم مفصليات الأرجل حرة المعيشة من آكلات اللحوم أو قد تلتهم أى شىء، ولكن توجد أنواعا تعيش معيشة تكافلية مع غيرها كما أن هناك أنواعًا متطفلة على النبات والحيوان وإن كان التطفل صفة ليست سائدة فيها. وما يلفت النظر التنظيم الاجتماعى كما فى النمل والنحل وغيرهما.

وقد سُميت مفصليات الأرجل بهذا الاسم نظرًا إلى أطرافها المزدوجة عديدة القطع والمميزة لشعبها المختلفة. وإن كان بعض أنواع مفصليات الأرجل منافسا مهما على موارد الطعام، وتسبب فى انتشار كثير من الأمراض الخطيرة وتسبب خسائر هائلة للإنسان سواء فى النباتات أو الحيوانات التى يعتمد عليها الإنسان، ولكن الكثير منها يستخدم كغذاء للإنسان وله أهمية اقتصادية مثل: القشريات وأهمها الجمبرى، (الأربيان)، والسرطان (الكابوريا)، والاستاكوزا (جراد البحر)، والشرمب، أما دودة الحرير فتفيد فى صناعة الحرير التى كانت مزدهرة فى عصور سابقة. كما أن الحشرات مهمة فى عملية تلقيح النباتات، ونشير إلى فائدة عسل النحل ومشتقاته وكلها ذات أهمية غذائية وطبية، كما أن سم النحل له تأثير علاجى فهو يقتل البكتريا بعد تخفيفه

٥٠ ألف مرة، ويزيد سم النحل نشاط الجهاز الدورى وتحسين النوم والشهية، كما يمكن تحضير بعض أنواع العقاقير والصبغات من بعض أنواع الحشرات، وهى مهمة للدراسات الوراثية والاستنساخ، كما أنها تعتبر جزءاً من التنوع الحيوى.

وتتميز مفصليات الأرجل بوجود سيلوم حقيقى وأجهزة وأعضاء جيدة التكوين، كما أن الجسم مقسم إلى عقل كما فى الحلقيات. ومن أهم مميزاتها أن الجسم مغطى بهيكل كيتينى خارجى **exoskeleton**، ويتمثل نمطها الابتدائى فى تسلسل خطى **linear series** من العقل المتشابهة لكل منها زوج من الزوائد المفصلية، إلا أن نمط العقل والزوائد يتنوع كثيراً فى الشعب المختلفة. وقد تندمج أو ترتبط بعض العقل فى مجموعات تؤدى وظائف معينة تعرف بمناطق الجسم، كما أن الكثير من الزوائد قد يتخصص أو يتحور لأداء وظيفة معينة.

الصفات المميزة للمفصليات

١ ـ حيوانات ثلاثية الطبقات سيلومية ذات تماثل جانبى، ولكن حدث اختزال للسيلوم فى الطور البالغ وأصبح يمثل تجاويف المناسل والأعضاء الإخراجية. أما التجويف الجسمى لمفصليات الأرجل فيتكون من فراغات وجيوب مملوءة بالدم يُطلق عليها التجويف الدموى **haemocoele**.

٢ ـ يغطى الجسم هيكل خارجى من الجليد يحتوى على بروتين ودهون وكيتين وكربونات الكالسيوم، وتفرزه طبقة تحت البشرة **hypodermis** وينسلخ من فترة إلى أخرى.

٣ ـ يتميز الجسم بالتعقيل التكرارى، ولكن تجويف الجسم غير مقسم، وتتميز العقل بوجود زوج من الأطراف المفصلية فى كل عقلة كما فى الأنواع البدائية، ولكن كثيرا ما يُختزل عدد الأطراف، أو تتحور لأداء وظيفة معينة مثل الأطراف المفصلية التى تحيط بالفم وتتحور إلى أجزاء الفم التى تساعد على الحصول على الغذاء.

٤ ـ وجود جهاز عضلى معقد يتصل بالهيكل الخارجى: فالعضلات المخططة للحركة السريعة، والعضلات الملساء فى الأحشاء ولا توجد أهداب.

٥ ـ الجهاز الدورى من النوع المفتوح، حيث يوجد عضو ظهرى نابض هو القلب، وشرايين وجيوب دموية.

٦ ـ يتم الإخراج بأعضاء مثل الغدد الحرقفية **coxal glands** أو القرنية **antennary glands** أو الفكية **maxillary** أو أنابيب ملبيجى أو كليهما.

٧ ـ التنفس عن طريق سطح الجسم، وقد توجد أعضاء متخصصة كالخياشيم والقصبات الهوائية والرئات الكتبية.

٨ ـ الجهاز العصبى وأعضاء الحس جيدة التكوين.

٩ ـ الأجناس منفصلة والحيوانات بيوضه أو ولود بيوض، وغالبا ما توجد عملية تحور **metamorphesis** وقد يحدث التوالد العذرى فى بعض الأنواع.

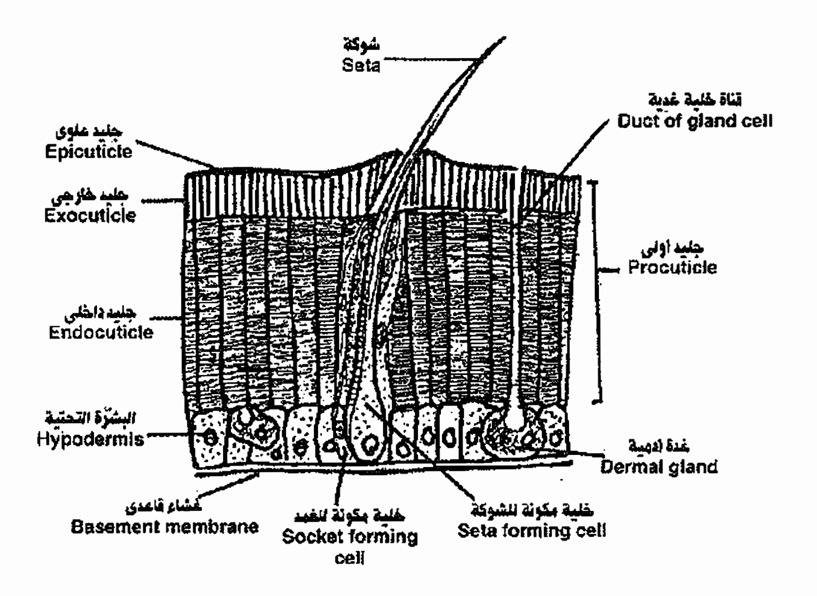
الصفات التركيبية والفسيولوجية التى أدت لنجاح المفصليات

١ ـ الهيكل الخارجى: يتميز بالقدرات العديدة والتنوع والوفرة الهائلة. فهيكل مفصليات الأرجل الخارجي ذو قدرة وقائية عالية لا يعوق قدرتها على الحركة ويطلق عليه الجليد **cuticle** وهو غلاف غير حى يتكون من مادة تفرزها خلايا البشرة التحتية **hypodermis (epidermis)** ويتركب من مادة بروتينية كربوهيدراتية وبعض مركبات أخرى ويتركب الجليد من:

أ ـ طبقة فوق جليدية epicuticle وهى رقيقة نسبيا وتتركب من مواد بروتينية وليبيدية ولكن تفتقر إلى مادة الكيتين **chitin**.

ب ـ الجليد الأولى procuticle وهو أكثر سمكًا ويحتوى على مادة الكيتين ويتركب من الجليد الخارجى **exocuticle** وهو الذى يتكون قَبل الانسلاخ، والجليد الداخلى **endocuticle** (شكل ٤ ـ ١١٧) ويتكون بعد عملية الانسلاخ. ويتكون كل من الجليد الخارجى والداخلى من طبقات عديدة. وتحتوى كلتا الطبقتين للجليد الأولى على مادة كيتينية مرتبطة بالبروتين، وقد يُشار إلى كل طبقة الجليد الأولى **procuticle** فى القشريات بأنها جليد داخلى **endocuticle**.

والكيتين **chitin** مادة صلبة مقاومة تتكون من عديد سكريات نيتروجينية لا تذوب فى الماء أو القلويات أو الأحماض المخففة، ولذلك فإن الجليد الأولى ليس مرنا فحسب وخفيف الوزن ولكن يقدم حماية وعلى وجه الخصوص ضد الجفاف. وفى بعض الحشرات يكون الكيتين من ٦٠ ـ ٨٠٪ من مادة الجليد الأولى. وفى بعض القشريات يكون الجليد الأولى مشبعًا بأملاح الكالسيوم التى تقلل المرونة. وفى قشور بعض أنواع القشريات مثل السرطان والاستاكوزا بلغت درجة التكلس حدودًا قصوى.



شكل (٤-١١٧) *قطاع عرضى فى جليد المفصليات*

وقد يكون الجليد لينًا ومنفذًا، وقد يُكوّن درعًا حقيقيًا. وعادة تكون طبقة الجليد رقيقة ومرنة بين عقل الجسم والأطراف، وبذلك تسمح بحركة العقل بعضها على بعض وكذلك المفاصل. وفى بعض المناطق يكون الجليد نتوءات داخلية **(apophyses)** **apodemes** تستخدم لاتصال العضلات لتحويل صفائح الجسم إلى روافع حرة الحركة. كما يبطن الجليد المعى الأمامى والخلفى والقصبات والقصيبات الهوائية ويدعمها، ويتحول إلى أجزاء الفم القارضة والأعضاء الحسية والتسافدية.

ويُفْرز الجليد طبقة من خلايا طلائية بسيطة من خلايا مكعبة هى البشرة التحتية **hypodermis** التى تحتوى على غدد أدمية **dermal glands** متخصصة فى إفراز سائل الانسلاخ. ويلى البشرة التحتية غشاء قاعدى. ويؤدى الهيكل الصلب الخارجى وظائف عديدة منها:

١ ـ يهيئ مكانا للاتصال بالعضلات.

٢ ـ وقاية الأجزاء الداخلية اللينة.

٣ ـ يعمل كروافع ومراكز للحركة مما يسهل الحركة.

٤ ـ يقدم أكبر قدر من الحماية دون التضحية بحركة الجسم أو الأطراف.

٥ ـ يكون مجموعة من المستقبلات المعقدة التركيب، وعلى وجه الخصوص العيون المركبة.

وقد أدى وجود هيكل خارجى صلب إلى صفات مميزة لمفصليات الأرجل منها:

أ ـ ظهور المفاصل والأطراف المفصلية: حيث إن الهيكل الخارجى صلب ومتين؛ لذلك تكون الحركة غير ممكنة إذا كان يتكون من صفائح مستمرة. ومع ذلك فقد أصبحت الحركة ممكنة؛ لأن الجليد يتكون من صفائح منفصلة يطلق عليها القطع أو الصفائح الهيكلية **sclerites** التى تتصل بعضها ببعض بواسطة أغشية مفصلية **arthrodial membranes** وفى هذه الأغشية يكون الجليد رقيقا جداً حيث تختفى الطبقة المتوسطة. كما أن الهيكل الكيتينى للأطراف يتكون من قطع شبيهة بالأنابيب تتصل بعضها ببعض بأغشية رقيقة، وبذلك يظهر لكل طرف مفصل **joint** عند كل اتصال. وأساسا تُكون عقل الأطراف روافع جوفاء تحركها عضلات داخلية (مخططة) مهيأه للحركة السريعة، تتكون من مجموعتين من العضلات المثنية **flexors** والباسطة **extensors**.

ب ـ الانسلاخ moulting - ecdysis: نظراً لوجود هيكل خارجى صلب، فالنمو التدريجى فى الحجم يكون غير ممكن، لذلك فلكى ينمو الحيوان المفصلى يجب نزع هيكله الخارجى على فترات. ويتم النمو بينما لا يزال الهيكل الخارجى رقيقًا ولينًا. وتطلق على هذه العملية بالانسلاخ. وقبل هذه العملية تفرز خلايا البشرة التحتية سائل الانسلاخ الذى يحتوى على أنزيمات تهضم الكيتين وبروتينات الطبقة الداخلية للجليد القديم، وبذلك ينفصل الجليد من تحت البشرة. وتفرز البشرة التحتية تحت الجليد القديم، جليدًا خارجيا جديدًا لينًا ومرنًا ومطويًا وهو لا يتأثر أو ينفذ الأنزيمات المفرزة. وقد يبتلع الحيوان هواء أو ماء يساعد على الانتفاخ وزيادة حجم الحيوان مما يؤدى إلى شق الجليد القديم. ويتحكم فى عملية الانسلاخ هرمونات تفرزها غدة جيبية **sinus gland** توجد فى ساق العين، وكذلك هرمونات اليفوعه **juvenile hormones** والتى تفرزها الأجسام المجنحة فى الحشرات.

جـ ـ ظهور جهاز عضلى كفء ومتخصص ليحرك المفاصل وأجزاء الحيوان. فالهيكل يتكون من مجموعة من الصفائح الهيكلية والأطراف المفصلية، ويستلزم ذلك وجود عضلات قوية ومنفصلة تكون جهازاً معقداً تؤدى إلى حركة عضلية ممكنة، فالعضلات من النوع المخطط وتتصل بالسطح الداخلى للجليد بالنتوءات الهيكلية وعبر المفاصل. وهذا يختلف عنه فى الفقاريات حيث تتحد العضلات بالهيكل الداخلى، وكذلك عن الحلقيات حيث تكون العضلات على شكل أسطوانى يوجد تحت البشرة وحول الجسم.

وفى مفصليات الأرجل تتصل العضلات بالجليد الأولى بتراكيب داخلية خاصة هى القطع (النتوءات) الهيكلية. ويتم ثنى وبسط صفائح الهيكل الخارجى بانقباض وانبساط العضلات الإرادية.

د ـ **وجود أعضاء تنفس على درجة عالية من التخصص** وعلى وجه الخصوص القصبات والقصيبات الهوائية. فمعظم المفصليات الأرضية لها جهاز يتكون من قصيبات هوائية عالية الكفاءة، تدفع الأكسچين مباشرة إلى الأنسجة والخلايا مما يتيح معدلاً أيضياً مرتفعًا، وتتكون الأنابيب القصبية من طبقة واحدة من الخلايا مبطنة بطبقة جليد رفيع تُنزع عند كل عملية انسلاخ. ويبطن القصيبات الهوائية الأكبر حلقات لولبية من الكيتين التى تمنع هذه الأنابيب من التداعي مما يضمن دخول الهواء باستمرار. إضافة إلى ذلك يوجد عديد من الأكياس الهوائية فى البطن التى تضخ الهواء إلى داخل وخارج الجهاز القصبى، وذلك بالانقباض والانبساط المتوالى للبطن.

هـ ـ **أعضاء حس ذات تكوين جيد،** إذ تتنوع أعضاء الحس من العيون المركبة، إلى أعضاء حس تؤدى وظائف اللمس والشم والسمع والاتزان والاستقبال الكيميائى. مما يسهل على مفصليات الأرجل المعيشة فى موائل مختلفة.

و ـ **أنماط سلوكية معقدة،** إذ تسود معظم مفصليات الأرجل اللافقاريات الأخرى فى تعقيد وتنظيم أنشطتها المختلفة، فسلوكها الغريزى يتحكم فى الكثير من أفعالها، كما يلعب التعلم دورًا هامًا فى حياة الكثير منها.

ز ـ **وجود جهاز عصبى ذى كفاءة عالية،** فقد بلغ الجهاز العصبى فى مفصليات الأرجل درجة عالية فى الترئيس (تركيز الجهاز العصبى فى منطقة الرأس). فالزيادة فى حجم المخ تصاحب وجود أعضاء حس جيدة التكوين مثل العيون وقرون الاستشعار، كما توجد أعصاب متخصصة مثل العصب البصرى والسمعى والأعصاب الشمية.

ع ـ **اختزال التجويف السيلومى،** ففى ديدان الأرض يكون السيلوم هو الجزء الداخلى الصلب الذى يُمكّن عضلات الجسم من الانقباض خلال حركة الدودة. ولكن أدى وجود هيكل خارجى إلى عدم حاجة الجسم لوجود مثل هذه التجويف الكبير الذى اختُزل بدرجة كبيرة. وقد صاحب اختزال السيلوم إلى تمدد تجاويف الجهاز الدورى والذى يكْون تجويف الجسم، لذلك يُطلق على تجويف الجسم فى مفصليات الأرجل بالتجويف الدموى. وكما أدى وجود هيكل واق غير منفذ للماء، إلى قدرة الكثير من المفصليات الأرجل للمعيشة فى الهواء وفى أجف المناطق.

شعيبة كلابية القرون

CHELICERATA

طائفة العنكبيات ARACHNIDA

تشمل مجموعة غير متجانسة من مفصليات الأرجل منها العناكب والعقارب، والعقارب الكاذبة والقراد والحلم وغيرها من الأنواع. وتختلف كثيرًا فيما بينها بالنسبة للشكل، وأغلبها حر المعيشة يقطن على اليابسة وينتشر فى المناطق الجافة أكثر من غيرها. والبعض يقطن الماء ويتنفس بالخياشيم. أما الأنواع التى تعيش على اليابسة فتتنفس بالقصيبات الهوائية أو الرئات الكتبية أو كليهما. وقد سجل للآن حوالى ٦٥ ألف نوع منها.

وتنتمى العنكبيات إلى شعيبة كلابية القرون **Chelicerata** حيث يكون الزوج الأول من الأطراف شبيها بالمخلب أو الكلابة. وتتميز العنكبيات بعدم وجود قرون استشعار التى تميز غيرها من مفصليات الأرجل.

ليوريس (العقرب) Scorpion - *Leiurus quinquestriatus*

عنكبيات تقطن اليابسة وعلى وجه الخصوص المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية، حيث توجد تحت الأحجار والأخشاب وفي شقوق الأرض، وهى حيوانات تنشط ليلاً. ويُعتقد أنها تنتشر فى المناطق الصحراوية وهى لا تشرب الماء بتاتًا. لذلك فهى مهيأة للمعيشة في المناطق الجافة. وينتشر نوع ليوريس فى مصر والبلاد العربية، ويتميز بوجود غدة سامة فى العَجْب مزودة بشوكة. ويستخدم العقرب سمه للدفاع وشل الفريسة، وسم العقرب لا يؤثر فيها، وغير مميت للإنسان البالغ ولكنه قد يؤثر على الأطفال.

وتستطيع العقارب التى تعيش فى الرمل أن تحدد موقع فريستها على ما يبدو بالموجات السطحية الناتجة من الفريسة، إما على سطح الرمل أو داخله. وتلتقط هذه الموجات شقوقًا حسية مركبة تقع أسفل القطع الرسغية القاعدية للأرجل **basilateral segments**. وتستطيع العقرب أن تحدد مكان صرصور يحفر على بعد ٥٠ سنتيمتراً منها، وأن تصل إليه فى ثلاث أو أربع حركات موجهة سريعة.

وينقسم جسم العقرب (٤ ـ ١١٨ب) إلى رأسصدر **prosoma** قصير نسبيا ويحمل زوجًا من العيون الوسطية الكبيرة، ٢ ـ ٥ أزواج من العيون الجانبية الصغيرة. ويحمل الرأسصدر قرونًا كلابية صغيرة وأرجلا ملماسية كبيرة تنتهى بكلابة، وتتركب من ستة عقل (ثمانية عقل فى المرحلة الجنينية يختفى منها اثنان)، وأربعة أزواج من

أرجل المشى. ويحمل الجسم الأوسط **mesosoma** الذى يتكون من ست عقل أطرافا متحورة: الغطاء التناسلى، زوج من الأمشاط اللمسية **pectens** التى تُستخدم فى استكشاف الأرض وتمييز الجنس، وأربعة أزواج من الرئات الكتبية التى تفتح بالفتحات التنفسية على السطح البطنى. ويتكون الجسم الخلفى **metasoma** من ست عقل لا تحمل أطرافا وتنتهى بعضو اللسع الذى يتكون من قاعدة حويصلية تحتوى على زوج من غدد السم التى تخرج منها قناة السم التى تفتح عند نهاية مخلب مدبب.

والأجناس منفصلة، ويؤدى الجنسان (الذكر والأنثى) قبل التزاوج رقصة مميزة، ثم يضع الذكر حزمة من الحيوانات المنوية على المرتكز ثم تُسحب داخل الفتحة التناسلية للأنثى. والعقارب الحقيقية ومنها جنس ليوريس ولودة حيث يتم حضن الصغار داخل الجهاز التناسلى للأنثى. ثم تلد من ٦ - ٩٠ عقربا صغيرا. وتزحف الصغار على ظهر الأم حتى بعد الانسلاخ (لوحة رقم ٤ - ١٢). ويبلغ العقرب النضج بعد حوالى عام.

ليكورما فيروكس (العنكبوت الذئب) *Lycorma ferox* - Wolf - spider

تشمل العناكب (لوحة رقم ٤ - ١٢) مجموعة كبيرة تضم ما يقرب ٣٥ ألف نوع، تنتشر فى كل أنحاء العالم. والعنكبوت الذئب واسع الانتشار، وهو لا يغزل شبكة ولكنه يقتنص فريسته التى يلدغها بقرونه الكلابية.

ويتركب جسم العنكبوت (شكل ٤ - ١١٨أ) من منطقتين: الرأسصدر أو الجسم الأمامى **prosoma**، والبطن أو الجسم الخلفى. وكلاهما غير معقل ويصل بينهما خصر نحيل **waist**. ويوجد على السطح الظهرى من الأمام على الجسم الأمامى ٨ عيون بسيطة مزودة بعدسة وقضبان بصرية وشبكية، وتُستخدم أساسًا فى إدراك الأشياء المتحركة. وفى العنكبوت الذئب قد تُكون صورًا للأشياء المرئية.

ويحمل الجسم الأمامى زوجًا من القرون الكلابية **chelicera** ينتهى بمخلب تفتح على قمتها قنوات الغدد السامة، وزوج من الأرجل اللماسية **pedipalps** - وفى الذكر تحمل القطعة الأخيرة من اللماس عضوا ملماسيا **palpal organ** متحورا لغرض عمليات التزاوج ، وأربعة أزواج من أرجل المشى الطويلة تنتهى كل منها بمخلب. أما الجسم الخلفى أو البطن **opisthosoma** فلا يحمل أى أطراف (شكل ٤ - ١١٨أ) ويوجد على السطح البطنى الفتحة التناسلية وفتحتان تنفسيتان وينتهى البطن بالمغازل **spinnerts**.

والعنكبوت الذئب مفترس ويتغذى أساسًا على الحشرات حيث يجهز على فريسته بالمخالب والسم الذى تفرزه القرون الكلابية. ويطارد العنكبوت الذئب فريسته، وبعد

القبض عليها بقرونه الكلابية يحقنها بالسم، ثم يفرز عصارته الهاضمة عليها وهي خارج الجسم ويحولها إلى صورة سائلة ثم يرتشف الحساء الناتج بواسطة بلعومه الماص. وتساعد الأسنان عند قواعد القرون الكلابية فى طحن الفريسة ومضغها.

وتتنفس العناكب بالرئات الكتبية أو القصيبات الهوائية أو كليهما. وتتكون الرئة الكتبية من جيوب هوائية كثيرة متوازية تمتد إلى حجرة مملوءة بالدم حيث يتم تبادل الغازات. ويتم الإخراج بواسطة أنابيب ملبيجى التى تعمل بالاشتراك مع غدة المستقيم المتخصصة بإفراز البوتاسيوم والمواد الذائبة الأخرى والنفايات فى هذه الأنابيب.

ومن أهم صفات العناكب وعلى وجه الخصوص تلك التى تتميز بغزل شبكة حريرية **web** ـ وجود زوجان أو ثلاثة من المغازل التى تحتوى على مئات من الأنابيب المجهرية التى تمتد من غدد الحرير التى توجد فى نهاية التجويف البطنى. ويفرز الحرير الذى يتكون مادة بروتينية على هيئة سائلة تتصلب نتيجة لسحبها من المغازل. وخيوط العنكبوت أقوى من خيوط الصلب التى لها نفس القطر. ويقال أنها وحدها التى تلى فى القوة ألياف الكوارتز المندمجة. ويستخدم غزل العنكبوت لاصطياد فرائسه من الحشرات، كما تُستعمل لتبطين أعشاشها، وتكوين أغشية للحيوانات المنوية وشرانق للبيض، وبناء خيوط الجر، وخيوط الجسور وخيوط التخدير وخيوط الانسلاخ وأقراص الالتصاق وأعشاش رعاية الصغار، أو تلفها حول فرائسها بإحكام.

والعناكب ثنائية الجنس حيث يضع الذكر قطرة من سائله المنوى على شبكة صغيرة يغزلها، ويقوم العضو الملماسى على الملامس بشفط وتخزين الحيوانات المنوية التى تُختزن فى المستقبلات المنوية والتى تنقلها قناة قاذفة إلى الأنثى. وبعد إخصاب البيض تضعه الأنثى فى شرنقة حريرية تحملها أو تلصقها إلى شبكة أو أى مرتكز مناسب. وبعد فترة حوالى أسبوعين يفقس البيض عن عناكب صغيرة تظل عادة داخل كيس البيض، وتنسلخ مرة قبل أن تتركه، ولا تصل إلى طور البلوغ إلا بعد عدة انسلاخات.

القراد والحلم

Ticks and mites

تنتمى إلى الأكاروسات **Acarina** وهى من أعلى مجاميع العنكبيات تخصصا، فقد فقدت تعقيل الجسم. وأفراد هذه المجموعة مهمة من الناحيتين الطبية والاقتصادية، ورغم وصف حوالى ٣٠ ألف نوع فهناك آلاف أخرى لم تُوصَف بعد. وتنتشر الأكاروسات فى كل أنحاء العالم فى البيئتين الأرضية والمائية، وتوجد فى أصعب البيئات على الإطلاق كالصحارى والمناطق القطبية والينابيع الحارة. كما أن الكثير منها متطفل خلال طور أو أكثر من دورة حياته.

وجسم الاكاروسات يتكون من قطعة واحدة حيث التحم الجسم الأمامى والخلفى معًا (شكل ٤ ـ ١١٨جـ) وتُحمل أجزاء الفم على نتـوء صغير أمامى يطلق عليه الرؤيس **capitulum**، ويوجد على كل من جانبى الفم قرن كـلابى وظيفته ثقب وتمزيق الطعام والقبض عليه، وعلى جانبى القرون الكلابيـة زوج من الأرجل الملماسية المُعقّلة، والذى يختلف فى الشكل والوظيفـة طبقًا لطريقة الثقب. وتلتحم قاعـدتا الأرجل الملماسية من الناحية البطنيـة لتكون تحتفم **hypostome** بينما يمتد بوز **rostrum** أو قنطرة **tectum** من الناحـية الظهرية فـوق الفم. وللحلم والقـراد البالغ أربعة أزواج مـن الأرجل تقوم بوظيـفة المشى. ولكن قـد يُختـزل هذا العدد من زوج إلى ثلاثة أزواج فـقط فى بعض الأنواع.

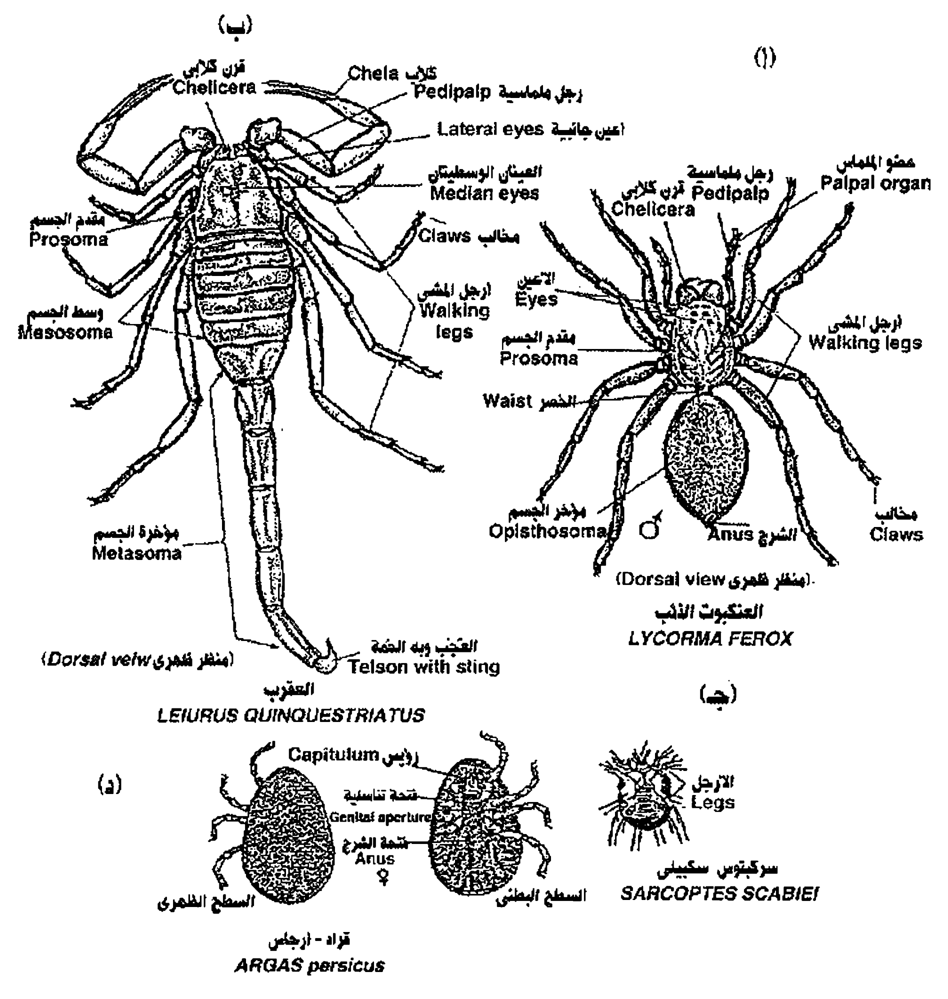
والأجناس منفـصلة وتُـنْقل الحـيـوانات المنوية إلى الإناث مـبـاشـرة فى مـعظم الاكاروسات. ولكن ثمة أنواعـا تُنْقل فيها الحيوانات المنوية بطريقة غيـر مباشرة بواسطة حزمة منوية. ويفـقس البيض عن يرقة ذات ثلاثة أزواج من الأرجل يليهـا طور أو أكثر من الحوريات ذات الأربعة أزواج من الأرجل حتى تصل إلى طور البلوغ.

أرجاس بريسكيس القراد *Argas persciargas persicus* - a tick

طفيلى خارجى على الطيور بأنواعها (الدجاج، البط، الأوز وغيرها) ويصل طول الحيوان البالغ حوالى سنتيمتر ويتنفس بالقـصيبات الهوائية التى تفتح للخارج بين الرجل الثالثة والرابعة، والأجناس مـنفصلة، والذكور أصغر من الإناث. وبعد عمليـة التسافد تضع الأنثى بيضًا مخصبًا يفقس عن يرقـة تتميز برؤيس يبرز من سطح الجسم. وبعد أن تمتص وجـبة دم من عـائلها تنسلخ لتكون حـورية **nymph** وهى تماثل الحـيـوان اليافع ولكنها أصـغر منه وليس لديهـا أعضاء أو فـتحـة تناسلية. ثم تمر بطور غـير نشط هو هيبوبس **hypopus** والذى يماثل طور العذراء فى الحشـرات. وخلال هذه الفترة تنضج الأجهزة التناسلية وتتحول الهيبوبس إلى القراد البالغ.

ويتغذى أرجـاس على دم العائل بواسطة أجزاء فمه المهيـأة لثقب الجلد، ووجود بلعوم ماص إضافة إلى إفراز لعاب يمنع تجلط الدم. ثم يمر الدم من البلعوم ومنه للأمعاء حيث يتم هضم الدم فى المعدة وهو هضم داخل الخلايا.

ويوجـد نوعان من القـراد: اللين **soft ticks** ومن أمـثلته أرجـاس (شكل ٤ ـ ١١٨جـ)، والجـامـد **hard tick**. ومن أمـثلتـه أكـزودوس ***Ixodes***، ودرمـاسنتـور ***Dermacentor*** والفرق بينها الآتى:



شكل (٤-١١٨) *أمثلة من طائفة العنكبيات*

١ ـ جليد القراد اللين جلدى مزود بأقراص كيتينية صغيرة ومحببة **mamillose**. بينما القراد الجامد يوجد له صفيحة ظهرية **scutum** وهى تغطى كل السطح الظهرى فى الذكر، أما فى الأنثى واليرقات فهى تغطى المنطقة الأمامية فقط من الجليد الظهرى.

٢ ـ يقع الرؤيس فى القـراد اللين فى الطور البالغ والحورية عـند الطرف الأمامى فى الناحيـة البطنية، بينما فى القـراد الجامد يقع على المنطقـة الظهرية الأماميـة، وبينما القراد اللين مغتذى سريع حيث يلتصق الطفيلى بالعائل ويشفط الدم فى فترة قصيرة. أما القراد الجامد فيـبقي ملتصقًا بالعائل لفترة طويلة قد تمتـد لعدة أيام ويتغذى لمرة واحدة. كما يخلو الرسغ من الوسائد فى القراد اللين.

الأهمية الاقتصادية والطبية

١ ـ من الطفيليات التى تسبب العديد من الأمراض للإنسان وحيواناته المستأنسة هى: البكتريا والبروتوزوا والريكتسيا والفيروسات وكل هذه مهيأة ومكيفة للمعيشة والتكاثر فى أنسجة الأكاروسات. فبعض أنواع القراد اللين من جنس أورنسوثيدورس *Ornithodoros* ينقل السبيروكيت الذى يسبب الحمى الراجعة فى الإنسان. كما أن قراد الأرجاس ينقل طفيلى الأسبيروكيت للطيور، وثمة عدد من القراد الجامد **ixoded**، مثل درماستتور ***Dermacentor***، وبوفيلس ***Boophilus***، ورييسيفلس ***Rhipicephalus*** تنقل فيروسات الحمى المتقطعة التى يسببها طفيلى الريكتسيا ***Rickettsia*** (وهى كائنات تجمع بين صفات البكتريا والفيروسات)، والالتهاب السحائى فى الإنسان والحيوان. ومن ضمن الطفيليات تلك التى ينقلها القراد والتى يسببها نوع من البروتوزوا (مثل بيروبلازما) الممرض للإنسان. كما ينقل قراد الماشية ***Boophilus annulatus*** (لوحة رقم ٤ ـ ١٢) حمى تكساس (حمى الماء الأحمر) الذى يصيب الماشية ويسببه حيوان أولى طفيلى (انظر ص ٣١٩). وقد تسبب عضة القراد التهابا وتلفا لأنسجة العائل، كما قد يسبب لعاب القراد الذى يدخل الجرح أثناء عملية العض الشلل للعائل.

٢ ـ قد تتطفل بعض أنواع الحلم الدقيقة على الإنسان أو الحيوان أو النبات إما كطفيليات خارجية أو داخلية مثل تلك التى تصيب الأعضاء الداخلية كالقصيبات الهوائية أو الرئتين أو الجلد. والحلم الذى يتطفل على الحيوانات قد يتغذى على إفرازات الجلد أو ريش الطيور أو قد يغزو الأنسجة السطحية ليكون أنفاقًا فى الجلد حيث تعيش وتضع بيضها، ومن أمثلتها حلم الجرب للإنسان سركبتوس سكبياى ***Sarcoptes scabiei*** (شكل ٤ ـ ١١٨ جـ لوحة رقم ٤ ـ ١٢) الذى يصيب الإنسان بالجرب والحكة وينتقل بسهولة من شخص لآخر. وبعض أنواع الحلم تكون مستعمرات فى الجلد وتتغذى على غمد الشعرة وإفرازات الغدد الدهنية. كما أن هناك بعض الأنواع الماصة للدماء التى تعمل كعوامل نقل للأمراض.

ومن أخطر الآفات على النبات الحلم، الذى يصيب المحاصيل الزراعية ذات القيمة الاقتصادية.

شعيبة القشريات

CRUSTACEA

تشتق القشريات اسمها من الدروع أو القشور الصلبة التى تغطى أجسام معظم القشريات (**crusta = shell**، درع، قشرة). وتشمل ما يربو على ٤٠ ألف نوع أو أكثر، والكثير منها ذو فائدة اقتصادية إذ يستخدم كغذاء للإنسان ليس من مصادره الطبيعية فحسب، ولكن نتيجة الاستزراع المكثف فى مزارع لتربية أنواع الجمبرى وغيرها

من القشريات حتى لقد فاقت إنتاجية المزارع الإنتاجية من المصادر الطبيعية. وقد تُستخدم قشور بعض أنواع السرطانات فى عقاقير لمعالجة أمراض هشاشة العظام. كما أن العوالق من القشريات تمثل جزءاً مهما من الإنتاجية الأولية للبحار والمحيطات وتُستخدم غذاء لكثير من أنواع الأسماك الاقتصادية. ومن أمثلة القشريات: الأستاكوزا **lobsters** (جراد البحر)، والكابوريا (السرطان)، والروبيان (الجمبرى)، وبراغيث الماء ومجدافية الأرجل كالسيكلوبس (شكل ٤ - ١١٩د لوحة رقم ٤ ـ ١٣) وغيرها. والغالبية العظمى من القشريات حرة المعيشة، ولكن العديد من أنواعها جالس (مثبت) مثل الأطومات **barnacles**، أو تعيش معيشة تكافلية أو متطفلة على غيرها من الحيوانات. وتختلف القشريات عن مفصليات الأرجل الأخرى فى كثير من الصفات، إلا أن الصفة المميزة لها هو وجود زوجين من قرون الاستشعار، إضافة إلى زوج من الفكوك الأمامية والخلفية فى الرأس.

ومعظم القشريات حيوانات مائية تعيش فى المياه العذبة والمالحة وإن كان البعض منها يعيش على اليابسة مثل البورسيليو ***Porcellio*** (شكل ٤ ـ ١١٩ هـ). وينقسم الجسم إلى رأس وجذع. وتتكون الرأس من خمس عقل متحدة مع بعضها إضافة إلى عقلة أمامية جنينية لا تحمل أطرافا فى الحيوان الناضج. وتحمل الرأس إضافة إلى زوجين من قرون الاستشعار زوجا من الفكوك الأمامية **mandibles** وزوجين من الفكوك الخلفية **maxillae** يتبعها زوج من الزوائد فى كل عقلة من عقل الجسم. وعادة تكون زوائد الجسم من شعبتين عدا قرن الاستشعار الأول. ويتركب الجذع من عدد متباين من العقل، وقد ينقسم إلى صدر وبطن. وقد ينتهى البطن بجزء غير مقسم يُطلق عليه العَجُبَ (العُجْز) **telson** الذى قد يحمل شوكتين ذيليتين **caudal furca** أو أفرع **rami** (شكل ٤ ـ ١١٩د). وفى كثير من الأنواع يتحد الرأس والصدر ليكونا رأسصدر مغطى بدرقة **carapace**. وتتحور الأطراف طبقا للوظائف التى تؤديها مثل الفكوك وأرجل المشى والعوم أو كزعانف أو أعضاء تناسلية ثانوية، وقد تخلو بعض العقل من الأرجل. ويتراوح عدد عقل القشريات عادة من ١٦ ـ ٢٠ عقلة، ولكن قد يصل عدد العقل إلى ٦٠ أو أكثر فى الأنواع البدائية. وكلما كان الحيوان القشرى أكثر تقدما قل عدد العقل.

وتعتبر طائفة القشريات اللينة **Malacostraca** أكثر القشريات تقدما، وأكثرها عدداً ومن أمثلتها: الروبيان (الجمبرى) (٤ ـ ١١٩ ب)، والسرطان (شكل ٤ ـ ١١٩أ) (الكابوريا)، وجراد البحر (الأستاكوزا) (لوحة رقم ٤ ـ ١٣). وتتميز هذه الطائفة بترتيب ثابت لعقل الجسم ومناطقه؛ فالرأس يتكون من ٥ عقل (٦ عقل فى الأطوار

الأولى) والصدر من ٨ عـقل بينما البطـن يتكون من ٦ عقل (نادراً ٧ عـقل) ويمتد من مقدمة الجسم بوز **rostrum**. بينما ينتهى الطرف الخلفى بعجـب غير مقسم **telson**، والذى يكون مع العقلة البطنية الأخيرة، والأرجل الذيليـة التى تحملها، مروحة ذيلية فى كثير من الأنواع.

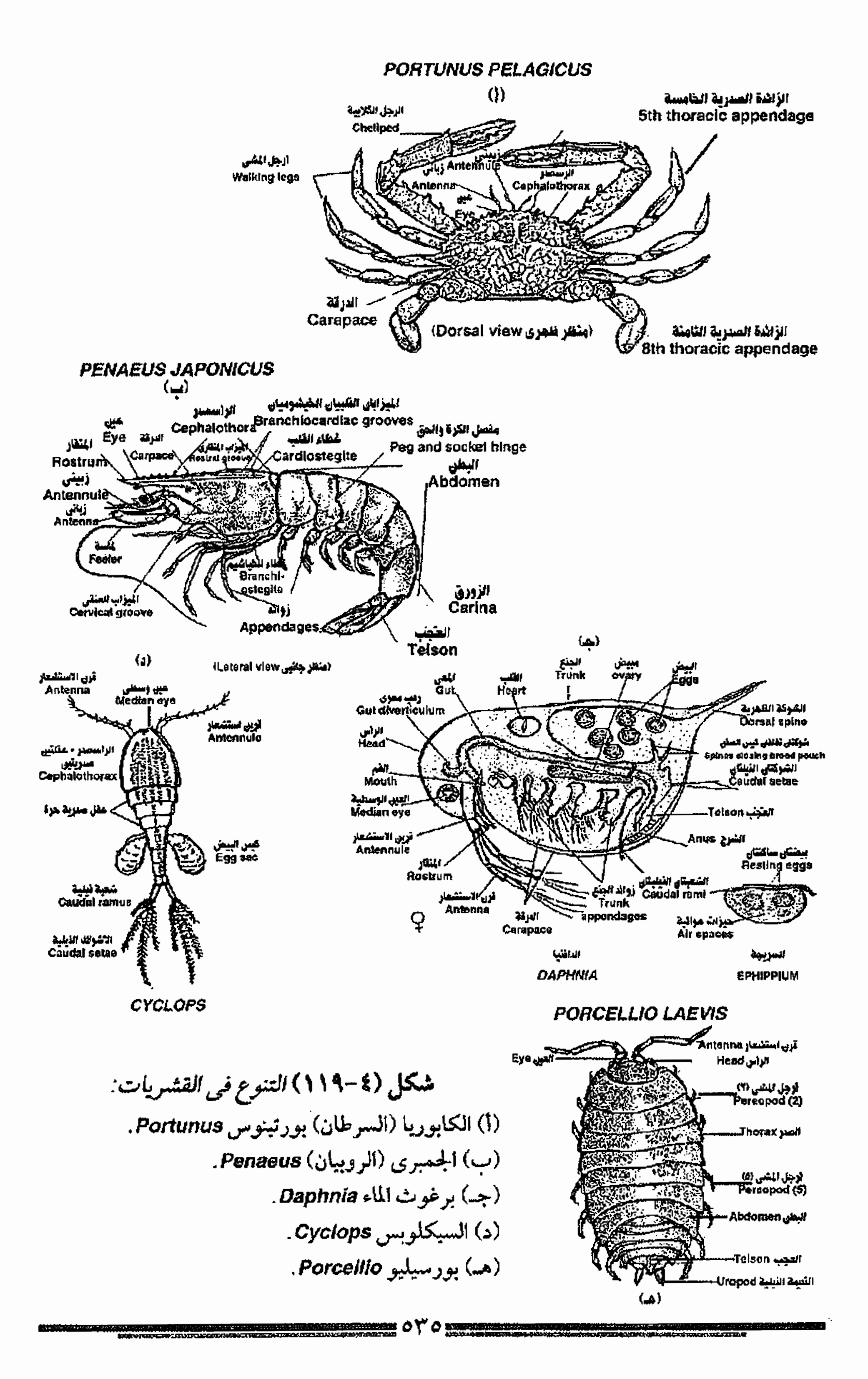
وتتنفس القشريات إما بانتشار الغازات التنفسية خلال سطح الجسم، ولكن توجد عادة أعضاء متـخصصة للتنفس فى كثير من الأنواع مثل الخيـاشيم التى تنشأ من الصدر والبطن أو بتـحورات الأطراف كـما فى برغـوث الماء **water flea**. ويتم الإخراج عن طريق أعضاء إخـراج متخصصـة عبارة عن قنوات سيلوميـة متخصصـة والتى قد تأخذ شكل غـدد فكية تفـتح على قاعـدة الفك الخلفى الثانـي، أو غدد قَرنـية **antennary glands** تفتح على قاعدة قرن الاستشعار الثاني.

والقشـريات عادة ثنائـية الجنس أو وحيـدة، والتشكـل الجنسى أمر شـائع، وقد يحدث توالد عذرى. وعادة يمر تكوين الحيوان بطور يرقي هو نيوبليس **nauplius**.

الدافنيا ـ برغوث الماء (٤ ـ ١١٩ جـ) *Daphnia* - Water flea

تنتمى إلى رتبة متفرعة القرون **Cladocera** وتعيش فى المياه العذبة حيث تكُون غذاء للكثير من الأحياء المائية وعـلى وجه الخصوص الأسماك. ويتكون الجسم من رأس وجذع. ويُغلف الجذع درقة على شكل قشرة وحـيدة المصراع منثنية من منتصف السطح الظهـرى لذلك تبدو ثنائيـة المصراع. ويكون قُـرين الاستـشعار (الـزبينى) صغـير جـداً وحساس أما قرن الاستشعار فيكون طويلا ذا شـعبتين يُستخدم للحركة. ويحمل الصدر خمسة أزواج من الزوائد، أمـا القدميات الورقية الشكل **phyllopodia** والمزودة بأشواك فتستخـدم للتنفس وجمع الغذاء، إذ تُستْخدم كمصفـاة للغذاء. وللأنثى جيب للحضانة **brood pouch** حيث تحـتفظ فـيه بالبـيض الذى ينمو ليـكون صغاراً بعـملية الـتوالد العذرى.

ولبرغـوث الماء طريقة فريدة فى التكاثر، فـخلال فصل الصـيف تُنْتجُ الأنثى إناثا بعـمليـة التكاثر البكرى **parthenogenesis** مما يؤدى إلى الزيادة السـريعـة فى عـدد العشـيرة. وعند حلول الظروف البيـئية غـير المناسبـة (من درجة حرارة أو جـفاف... إلخ). تُنْتج الإناث بعض الذكـور، ويتم تكوين البيض بالانقـسام الاختـزالى والتي يتم إخصابه في جيـب التوالد (الحضانة) وتُحَاط البيضـة بقشرة واقية يطلق عليـها السُرْيجة **ephippium**. وعند جفاف البركة تُطْلق السُرْيجات التى يمكنها أن تقاوم الظروف البيئية غير المناسبة. وعند حلول الظروف المناسبة يفقس البيض عن يرقات تتحول تدريجيا إلى الحيوان اليافع.



شكل (٤-١١٩) التنوع في القشريات:

(أ) الكابوريا (السرطان) بورتينوس *Portunus*.

(ب) الجمبري (الروبيان) *Penaeus*.

(جـ) برغوث الماء *Daphnia*.

(د) السيكلوبس *Cyclops*.

(هـ) بورسيليو *Porcellio*.

السيكلوبس *Cyclops* (شكل ٤ - ١١٩د)

وهو من القشريات الصغيرة التي يصل طولها بضع مليمترات، وتنتشر في المياه العذبة وتُعتبر غذاء مهما للأسماك وغيرها من الأحياء المائية. وينتمي السيكلوبس لتحت طائفة مجدافيات الأقدام **Copepoda**، والأنواع الحرة المعيشة منها تمثل المستوى الابتدائي للمستهلكين في المجتمعات المائية. ففي كثير من المناطق البحرية يُعتبر جنس كالانس ***Calanus*** ـ وهو وثيق الصلة بالسيكلوبس ـ من الكائنات المهمة التي تكون الهائمات الحيوانية إذ تُستخدم كغذاء أساسي لكثير من الأسماك مثل الرنجة، والسردين والمنهادن وكثير من الأسماك الاقتصادية. والكثير من مجدافية الأقدام تتطفل على اللافقاريات وكذلك أسماك المياه العذبة والبحرية. وتعمل بعض أنواع مجدافيات الأقدام كعوائل متوسطة لبعض طفيليات الإنسان مثل ـ دودة السمك الشريطية العريضة دفيللوبوثريم ***Diphyllobothrium*** ودريكنكولاس **(Guinea worm - *Dracunculus*)** من الخيطيات. ودودة الهلب **anchor worm** ـ لارنيا سيبابرينيسي ***Larnaea cyprinacea*** وهو من الطفيليات الخطيرة على الأسماك.

ويتكون جسم السيكلوبس من رأس وجذع، ويحمل الرأس زوجا من قرون الاستشعار أطولها قرن الاستشعار الأول، وتوجد عين وسطية واحدة في منتصف الرأس. وتندغم الرأس مع العقلتين الصدريتين الأماميتين، ولها زوج واحد من الأرجل الفكية **maxillipeds**، وأربعة من الأطراف ثنائية الشعب التي تُستخدم كمجاديف للسباحة ومنها اُشتق اسم تحت الطائفة مجدافية الأقدام **Copepoda**. ويحمل البيض في كيسين يقعان على جانبي البطن في الأنثى (شكل ٤ ـ ١١٩ د). وينتهي الجسم بالعجب وزوج من الشويكات الذيلية **caudal furca**. ويفقس البيض عن يرقة نيوبوليس والتي تنمو لتكون الحيوان اليافع.

بورسيلو ليو ليفس ـ قمل الخشب *Porcellio laevis* - Woodlice (شكل٤-١١٩ هـ)

حيوان قشري يعيش على اليابسة مختبئًا تحت الأحجار وأوراق الأشجار الميتة. وتحمل الرأس زوجًا من العيون المركبة الجالسة. والقرين مختزل أما قرن الاستشعار فطويل ووحيد الشعبة. وتتصل العقلة الصدرية الأولى بالرأس، وتكون زوائدها الأرجل الفكية **maxillipeds**. وتحمل العقل الصدرية الحرة أرجلا متماثلة وحيدة الشعبة **pereopods** تُستخدم للسير على التربة. أما الزوائد البطنية الأمامية الخمسة فهي ثنائية الشعبة وصفيحية الشكل تُستخدم للتنفس. ويكون زوج الزوائد البطنية الأخير ثنائي الشعبة أسطواني الشكل يُعرف بالأرجل الذيلية **uropods** وتتصل العقلة البطنية السادسة بالعجب. ويُوضع البيض حيث يحفظ في جيب الحضانة الذي يوجد على السطح البطني للأنثى للخمس عقل الصدرية الحرة. والتكوين مباشر.

الروبيان (الجمبرى). بينيس Penaeus - Prawn (شكل ٤ - ١١٩ ب)

حيوان قشرى بحرى، ومنه عدة أنواع تعيش فى البحرين المتوسط والأحمر والخليج العربى (حيث توجد منه ثلاثة أنواع رئيسية) وغيره من البحار. وهو يعيش عند قعر البحر فى المناطق الشاطئية. وتتحد الرأس والصدر ليكونا رأسصدر تغطيه درقة **carapace** ويتكون الرأس من خمس عقل فى الحيوان البالغ، والصدر من ثمانية عقل والبطن من ٦ عقل. ويكون القرين **antennule** وقرن الاستشعار الثانى **antenna II** ثنائى الشعبة مزود بخلايا حسية. ويوجد زوج من العيون المركبة محمولة على ساق. أما الزوائد الصدرية فهى مهيأة للقبض على الطعام والمشى. وتُستخدم الزوائد البطنية للسباحة. ويتحور الزوج الأول فى الذكر إلى عضو للتسافد **petasma**، ويكون العَجْبَ مع الأرجل القدمية الأخيرة المروحة الذيلية.

والأجناس منفصلة، ويتم الإخصاب خارج الماء، وقد يُحفظ على الزوائد البطنية للأنثى لحين الفقس، ويفقس البيض عن يرقة نيوبليس التى تمر بمراحل من التحور تتكون خلالها أطوارًا يرقية مختلفة حتى تصل إلى طور البلوغ.

بورتينوس. السرطان Portunus - Crab (لوحة رقم ٤ - ١٣)

حيوان قشرى بحرى يُستخدم كغذاء للإنسان، وحتى قشور بعض الأنواع تدخل فى عقاقير طبية تعالج هشاشة العظام، ويتميز بأن الرأسصدر أكثر فى العرض منه فى الطول والبطن مختزل ومثنى للأمام حيث يوجد ملاصقًا للقطع القصية **sternites** للرأسصدر، ويكون بطن الأنثى أعرض منه فى الذكر ويحتوى على أربعة أزواج من الزوائد ثنائية الشعب تُستخدم لحفظ البيض حتى يفقس. أما بطن الذكر فمختزل مثلثى الشكل ويتحور فيه الزوجان الأولان من الزوائد البطنية إلى أشواك للتسافد. ويتحور الزوج الأول من أرجل المشى وهو وحيد الشعبة إلى كلابة قوية **chela** تُستخدم للقبض على الطعام والدفاع. أما الزوج الخامس فهو وحيد الشعبة وعريض ومبطط ويُستخدم كمجاديف تساعد على السباحة (شكل ٤ ـ ١١٩ أ). وتحمل الرأس زوجًا من عيون مركبة وزوجين من قرون الاستشعار.

وبعد إخصاب البيض يلتصق بالسطح البطنى على الزوائد البطنية للأنثى والمهيأة لذلك. ويفقس البيض عن يرقة الزؤيا **zoea** والتى تمر بمراحل مختلفة إلى أن تصل للطور البالغ.

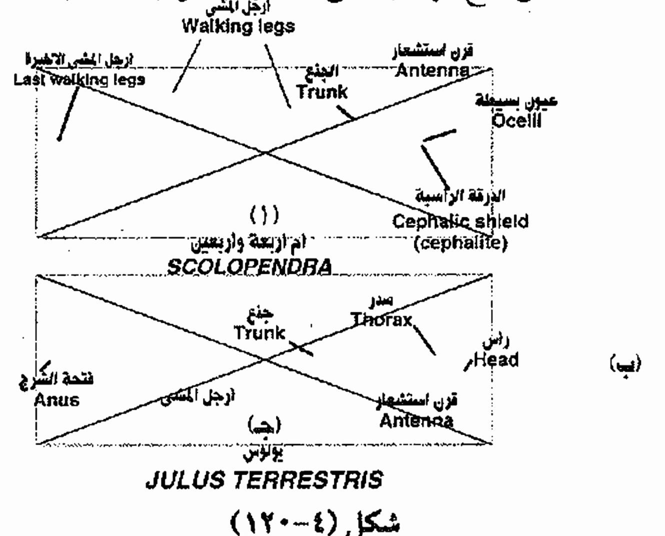
شعيبة أحادية الشعبة

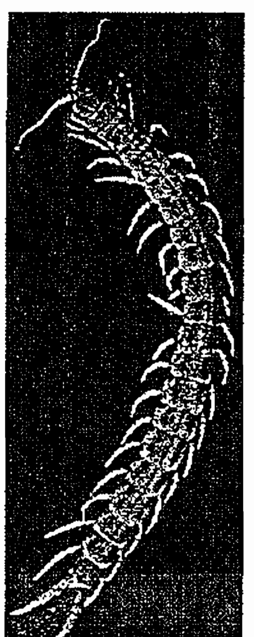
UNIRAMIA

طائفة كلابية الأرجل CHILOPODA

سكولوبندرا *Scolopendra*

مفصليات أرجل تقطن اليابسة حيث توجد تحت التربة والأشجار وهي لاحمة تتغذى على غيرها من الحيوانات، وعادة يكون الجسم مبططا من أعلى لأسفل ومن أمثلتها أم أربعة وأربعين (لوحة رقم ٤ ـ ١٤) سكولوبندرا موروستانز ***Scolopendra morsitans***. والجسم يتركب من رأس وجذع. ويتكون الرأس من ست عقل متحدة بعضها ببعض. وتحمل الرأس زوجا واحدا من قرون الاستشعار الذى يتكون من عدد كبير من القطع، وزوج من الفكوك الأمامية **mandibles** الخالية من الملامس، وزوج من الفكوك الخلفية **maxillae** ويتكون الجذع من اثنين وعشرين عقلة تحمل كل واحدة منها زوجا من الزوائد أحادية الشعبة (شكل ٤ ـ ١٢٠أ،ب) (ما عدا العقلة الأولى) المتماثلة، والأخيرة منها طويلة. أما زوائد العقلة الجذعية الأولى فقد تحورت إلى كلابة سمية **poison claws** أو أقدام فكية تحتوى على غدة سم تفتح بقناة قصيرة عند طرف الكلابة. وتستخدمها أم أربعة وأربعين فى لدغ فرائسها التى تطحنها بفكوكها الأمامية.





شكل (٤-١٢٠)

أمثلة من المفصليات التى تنتمى لشعيبة أحادية الشعبة **Uniramia**:

(أ،ب) أم أربعة وأربعين من طائفة كلابية الأرجل Chilopoda.

(جـ) يولوس من طائفة مزدوجة الأرجل Diplopoda.

ويتكون الجهاز الإخراجى من قنوات ملبيجى **Malpighian tubules** التى تفتح فى المعى الخلفى. ويوجد قلب ظهرى يتكون من غرف عقلية كل منها مزود بزوج من الشرايين فى كل عقلة جسمية، ويُضخ الدم إلى الأمام لجميع أجزاء الجسم، والجهاز الدورى جهاز مفتوح. ويتم التنفس بالقصيبات الهوائية مثل تلك التى توجد فى الحشرات. ولأم أربعة وأربعين جهاز عصبى جيد التكوين يشبه مثيله الذى فى الحلقيات.

والأجناس منفصلة، وبعد عملية الإخصاب يُوضع البيض فى الشقوق أو الخشب المعطن، وعادة ما تلتف الأنثى حول كتلة البيض وتحرسه إلى أن يفقس إلى حيوان يشبه الحيوان اليافع ولكن له عددًا قليلاً من العقل.

وتوجد أم أربعة وأربعين وغيرها من أنواع ذى المائة رجل فى المناطق الرطبة، وخاصة أن الجُليد غير مغطى بطبقة سميكة مثل تلك التى للحشرات ولا يحتوى على أملاح الكالسيوم، مما يجعلها تفضل المناطق الرطبة تحت الأشجار أو الأخشاب وفى التربة، وتنشط عادة خلال الليل.

طائفة مزدوجة الأرجل DIPLOPODA

يولوس *Julus*

دودة السلك Wire worm

حيوان ينتمى إلى طائفة الدبلوبودا **Diplopoda** أو مزدوجة الأرجل (لوحة رقم ٤ ـ ١٤)، والجسم أسطوانى مغطى بجليد يحتوى على أملاح الكالسيوم. ويعيش فى المناطق الرطبة المظلمة تحت الأشجار أو كتل الخشب وفى التربة، وهو يتحرك ببطء ويتغذى على المواد النباتية المتحللة وأحيانا على النباتات الحية أو حتى على الحيوانات الميتة. ويعتبر اليولوس آفة للمحاصيل الزراعية حيث يتغذى على جذور النباتات والدرنات. وله القدرة على تكوير نفسه على شكل كروى أو لولبى، كما أن له القدرة على إفراز مادة منفرة من غدد معينة يُطْلق عليها الغدد المنفرة **stink glands** والتى يوجد منها زوج فى كل عقلة، وتفرز هذه المادة كنوع من الحماية. وثمة أنواع منها تفرز مواد سامة مثل حامض الهيدروسيانيك، وبعضها يمكنه أن يطلق إفرازه المنفر لعدة أمتار.

والجسم أسطوانى يتركب من رأس وجذع. ويغطى الرأس درقة رأسية **cephalic shield**، وتحمل زوجًا من قرون الاستشعار التى تتكون من ٧ قطع؛ وزوجًا من الفكوك

الأمامية **mandibles** غير المسننة وزوجًا واحدًا من الفكوك الخلفية ـ ويتركب الجذع من ٤٠ عقلة أو أكثر، وتحمل كل من الأربعة عقل الأولى الأمامية زوجًا واحدًا من الزوائد عدا العقلة الأولى، أما العقل التالية فكل عقلة تحمل زوجين من الزوائد أحادية الشعب (٤ ـ ١٢٠جـ)، ويتركب كل منها من ٧ قطع تنتهى بمخلب وتُستخدم للمشى. وتخرج الزوائد المزدوجة فى كل عقلة بالقرب من بعضها على السطح البطنى، كما أن كل عقلة مزودة بزوج من الثغور التنفسية. وفى الذكر تتحور الزائدة التى تحملها العقلة السابعة إلى عضو تسافد، ويطلق عليها القدم التناسلية. وتخلو العقلة الأخيرة من زوائد ولكنها تحمل فصوصا تشبه الصمام تغطى فتحة الشرج. كما أن الصفائح الهيكلية لكل عقلة متصلة لتكون حلقة كاملة.

ويتم الإخراج بقنوات ملبيجى، وتتنفس بقصيبات هوائية غير متفرعة. والجهاز الدورى مفتوح يتركب من قلب ظهرى محاط بغشاء التامور ويوجد فى كل عقلة غرفتان قلبيتان وزوجان من الثقوب والشرايين ما عدا الأربع عقل الأمامية ـ ويحمل الأورطى الأمامى الدم إلى جميع أجزاء الجسم. والجهاز العصبى مبنى على نفس طراز الجهاز العصبى لأم أربعة وأربعين وتوجد عقلتان عصبيتان فى كل عقلة من عقل الجسم ما عدا العقل الأربعة الأولى حيث توجد عقدة عصبية واحدة فى كل عقلة. واليولوس مثل كل أنواع ذات الألف رجل مهيأ بقوة دافعة تُمكّن الحيوان من شق طريقة خلال كتل الأوراق النباتية والتربة المفككة. ومما يساعد على ذلك العقل المتحدة بعضها ببعض والأسطوانية الشكل مع جليد أملس مدعم بأملاح الكالسيوم، كذلك وضع الأرجل فى منتصف السطح البطنى للعقلة.

والأجناس منفصلة، وبعد التسافد تضع الأنثى البيض المخصب الذى يُخْصب بمجرد خروجه من جسمها وإما يوضع فرادى أو فى مجاميع فى عشوش من التربة الرطبة التى تجهزها الإناث. ويتم فقس البيض بعد بضعة أسابيع وتخرج منها الصغار التى يتكون كل منها من ستة عقل وثلاث أزواج من الأرجل. ومع تقدم النمو يزداد عدد العقل إلى أن تصل إلى الطور الناضج.

طائفة الحشرات INSECTA = HEXAPODA

الحشرات إحدى طوائف مفصليات الأرجل وتشترك مع بقية الطوائف العامة لهذه الشعب كوجود هيكل خارجى كيتينى، وتقسيم الجسم إلى حلقات يحمل بعضها زوائد مفصلية. بيد أنها تتميز بصفات فريدة خاصة بها. وقد قُدّر عدد الحشرات المعروفة حتى الآن بحوالى مليون نوع يفوق عدد الأنواع للحيوانات الأخرى (أى أن حوالى ٧٥٪ من أنواع الحيوانات المعروفة من الحشرات). ،من أهم مميزات الحشرات الآتى:

١ ـ ينقسم الجسم فى الطور البالغ إلى ثلاث مناطق هى: الرأس والصدر والبطن، ولا يتعدى عدد عقل الجسم ٢٠ عقلة وقد تندمج العقل كما فى الرأس أو تبقى منفصلة كما فى الصدر والبطن.

٢ ـ وجود زوج واحد من قرون الاستشعار وحيدة الشعبة وزوج من العيون المركبة، إضافة إلى العيون البسيطة. وتتحور الزوائد المحيطة بالفم طبقا لنوع الغذاء، وتتركب من شفة عليا عبارة عن ثنية من الرأس وزوج من الفكوك السفلى، وشفة سفلى عبارة عن فكين سفليين ملتحمين.

٣ ـ يتركب الصدر من ثلاث عقل تحمل كل منها زوجًا من الأرجل المفصلية - ٦ أرجل ـ ومنه اشتق اسمها سداسية الأقدام **Hexapoda**، وغالبا يحمل الصدرين الأوسط والخلفى زوجين من الأجنحة يختلف شكلهما في الحشرات المختلفة، والبعض يخلو من الأجنحة.

٤ ـ لا يتعدى عدد عقل البطن ١١ عقلة ولا تحمل سوى زوائد حساسة فى المؤخرة، وآلة تسافد في الذكر، وأخرى لوضع البيض فى الأنثى.

٥ ـ تستخدم القصيبات الهوائية أساسا فى التنفس، وقد يستخدم بعض الأنواع الجلد.

٦ ـ الأجناس منفصلة ومنها ما يلد صغارا، وقد يتوالد بعضها توالدًا بكريًّا (عذريًّا). وقد يفقس البيض فى بعضها عن يرقات تختلف فى شكلها عن الحشرة البالغة، أو قد تشابه الحشرة البالغة.

تصنيف الحشرات

تنقسم طائفة الحشرات إلى عدد من الطويئفات (ينتمى إليها ٣٥ رتبة) طبقا لطريقة التكوين أو التحور من البيضة حتى طور الحشرة اليافعة، وكذلك وجود الأجنحة من عدمه وطريقة تكوين الجناح، ومن أهم الطويئفات والرتب الآتى:

طويئفة: الحشرات عديمة الأجنحة APTERYGOTA = AMETABOLA

حشرات تخلو من الأجنحة والتحور فيها إما معدوم أو قليل، وتكون الأطراف (الزوائد) قلمية الشكل على العقلة قبل التناسلية إضافة إلى الأقلام **cerci**.

الأمثلة: السمكة الفضية **silver fish** ـ ثرومبيا ***Thermobia***، وذوات الذنب الشعرى **bristletails**، وذوات الذنب القافز **springtails** مثل ليبيدوسرتاينوس ***Lepidocertinus*** **(the cotton springtail)**.

طويئفة: الحشرات المجنحة PTERYGOTA = METABOLA

حشرات مجنحة، وإذا فقدت الأجنحة فتكون ذلك حالة ثانوية. وقد لا توجد زوائد بطنية فيما عدا الأقلام **cerci** والأعضاء التناسلية. وتمر خلال مرحلة النمو على عديد من الأطوار الانسلاخية التى تظهر تغيرات شكلية حتى الطور البالغ. وتنقسم إلى فوق رتبتين رئيستين (خارجية الأجنحة، وداخلية الأجنحة) وتشمل:

١ - فوق رتبة: الحشرات خارجية الأجنحة

EXPTERYGOTA = HETEROMETABOLA

تشمل الحشرات التى تنمو فيها الأجنحة من الخارج كنتوء خارج الصدر، والتحور فيها إما طفيف أو غير كامل أو تدريجى. والطور اليرقى هو الحورية **nymph** التى تحتوى على العدد الكامل من العقل. وتنسلخ عدة مرات قبل الوصول للطور البالغ. وتحتوى على عدد من الرتب أهمها:

(أ) رتبة: مستقيمة الأجنحة ORTHOPTERA

تتميز بوجود زوجين من الأجنحة فى الصدر، الأمامى سميك والخلفى لين يكون مطويا تحت الجناح الأمامى مثل المروحة، أجزاء الفم قارضة.

الأمثلة: الجراد، النطاط **grasshoppers**، والجراد الصحراوى **desert loucst**، الصراصير **crickets**، وفرس النبى (مانتس *Mantis*).

(ب) رتبة: متماثلة (متساويات) الأجنحة ISOPTERA

تتميز بوجود زوجين متماثلين من الأجنحة الغشائية، ضيقة ومتشابهة فى الحجم وقليلة العروق، وتُطرد الأجنحة بعد النضج. أجزاء الفم قاضمة والتحور تدريجى، وهى حشرات اجتماعية، وعديدة التشكل وتعيش فى جماعات ذات تنظيم اجتماعى.

الأمثلة: الأرَضَة المصرية ***Hodotermes ochraceus*** أو الذى يطلق عليها خطأ النمل الأبيض إذ إنها تتميز عن النمل الحقيقى بالاتحاد العريض بين الصدر والبطن.

(ج) رتبة: عاريات الذنب (القمل الحقيقى) ANOPLURA

حشرات صغيرة تخلو من الأجنحة فى الطور البالغ، وهى مبططة من أعلى لأسفل وأجزاء الفم ثاقبة ماصة. وهى طفيليات خارجية على الطيور والثدييات ولها تحورات للتعلق بالعائل ذى الدم الحار.

الأمثلة: قمل الشعـر والرأس في الإنسان ***Pediculus humanus***، قمل العانه ***Phthirius pubis***.

(د) رتبة نصفية الأجنحة HEMIPETRA متباينات (غير متجانسات) الأجنحة HETEROPTERA

الأجنحة موجودة أو غائبـة، الأجنحة الأمامية سميكة شبيـهه بالجلد عند القاعدة وغشائية في الطرف البعـيد، والأجنحة الخلفية غشائية، أجزاء الفم ثاقبـة ماصة، للكثير منها غدة منفرة **odorous scent glands**.

الأمـثلة: بق الفراش **bed bug**، عقـارب الماء **water scorpions**، بق القرع العسلى **squash bugs**، بق الحنطة **chinch bug**، والبق السـفاح **assasin bugs**؛ والبق المنتن **stink bugs**.

٢ـ فوق رتبة: داخليات الأجنحة ـ كاملة أو تامة التطور

ENDOPTERYGOTA - HOLOMETABOLA

تنمو الأجنحة داخليـا، التطور كامل وتشمل طور يرقي يخلو من العيـون المركبة وتشمل ما يربو على ٨٠٪ من الحشرات، وتشمل الرتب الآتية:

(أ) رتبة: ثنائية الأجنحة DIPTERA

حشـرات لها زوج واحد من الأجنحـة الغشائيـة الأماميـة، أما الأجنحة الخلفـية فتحورت إلى دبوسي توازن غير ظاهرين. أجزاء الفم مـاصة وقد تكون ثاقبة أسفنجية ـ متحورة للتشبع كالأسفنج أو للعق أو للثقـب. العقل الصدرية الثلاثة متحدة، والعقلتان الصدرية الأمامية والخلفية صغيـرتان، اليرقات خالية من الأرجل ويطلق عليها الماجوتات (الدودة) **maggot** أو المتلويات **wrigglers** عندما تكون مائية.

الأمـثلة: الذباب ذات القـرون الطويلة: البعـوض **mosquitoes**، ذباب العـثة **moth flies**، الذباب الأسود؛ الذباب قصير القرون: حـيث يتكون قرن الاستشعار من خمس قطع أو أقل ويشمل: الذباب المنزلى **house flies**، ذبابة الفاكهة **fruit flies**، ذبابة اللحم **flesh flies**، الذباب الأزرق **blue flies**، وذباب الخيل **horse flies**.

(ب) رتبة: البراغيث. خافيات الأجنحة

SIPHONAPETRA (APHANIPTERA)

وتشـمل البراغـيث، وهى حـشرات صـغيـرة بلا أجنحـة، الجسم منضـغط من الجانبين، والأرجل مهـيأة للقفز، وتخلو من العيـون المركبة، وأجزاء الفم ثاقبـة ماصة، والتطور كامل، واليـرقات عديمة الأرجل ورميـة (شكل ٤ ـ ١٢٤). طفيليات خـارجية على الطيور والثدييات.

الأمـثلة: براغـيـث الإنسـان بيـولكس إريتـانس ***Pulex irritans***؛ والقطط تينوسفليـدس فيلس ***Ctenocephalides filis***؛ والجرذان زينوبيـسللا شوبس ***Xeno-psylla cheopis*** وغيرها.

أمثلة من الحشرات الشائعة

سيمكس ليكتيولاريس *Cimex lectularius*

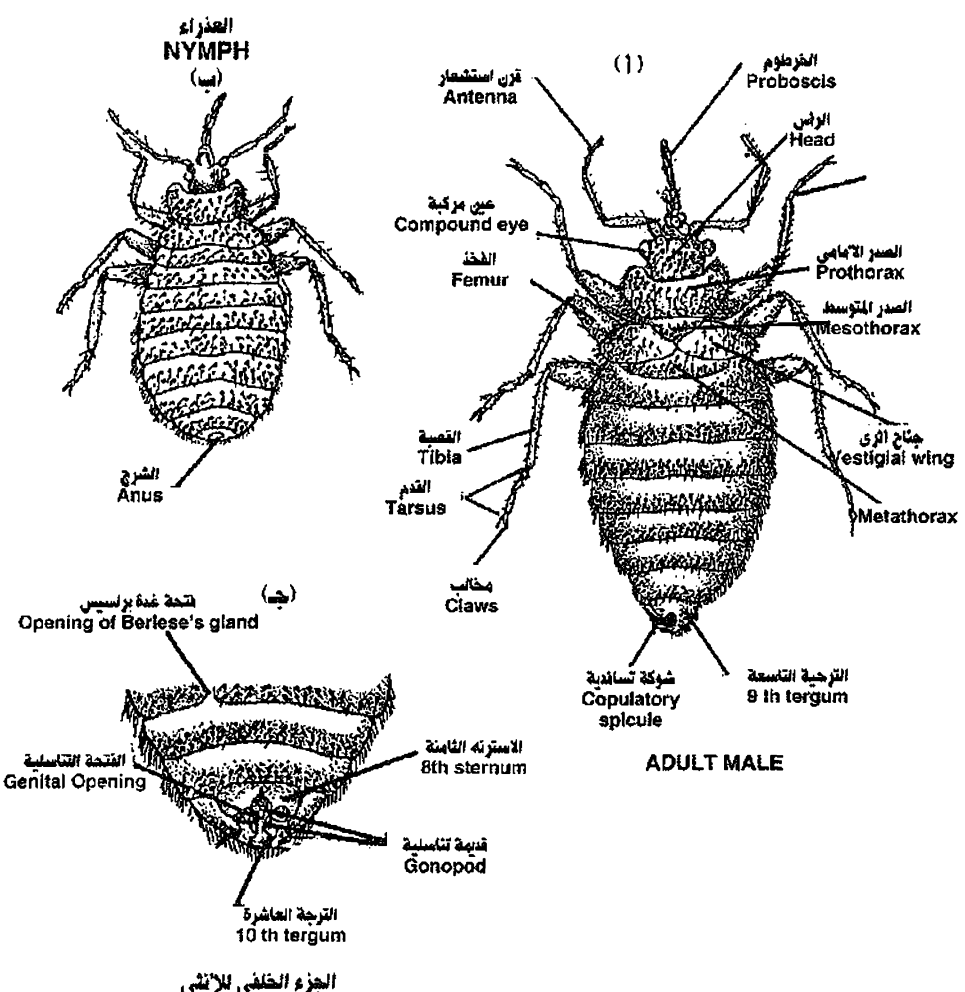
بق الفراش Bed bug

طفيليـات مؤقتـة أو إجبارية تتـغذى على دم الإنسان بواسطة أجـزاء الفم الثاقب الماص. وتختبئ فى الشقوق المظلمـة وفتحات الجدران والمراتب وكذلك الأثاث والأرض الخشبية وهى تهاجم الإنسان فى الليل.

يتكون الجسم من الرأس والصدر والبطن. وأجزاء الفم متحورة للثقب ومص دماء العـائل. ويتكون الصـدر من ثلاث قطع يحـمل الصـدر الأوسط أجنحـة أثرية **hemi elytra**، والأجنحة الخلفية غير موجودة. ويحمل الصدر ثلاثة أزواج من الأرجل تنتهى كل منها برسغ **tarsus** يتكون من ثلاث قطع تنتهى بزوج من المخالب. ويتكون الجسم من عشر قطع تتحد الأولى والثانية معا، أما الأخيرة مختزلة وتحمل فتحة الشرج (شكل ٤ ـ ١٢١). والأجناس منفـصلة، وبينما تتـميز الأنثى بنهـاية حلقيـة مسـتـديرة وفتـحة تناسلية، فـإن الجزء الأخير من الذكـر ضيق، وتحمل القطعـة التاسعة من البطن شـوكة تسافد واضحة.

ويضع بق الفراش بيضة فى الشـقوق، والبيض أسطوانى الشكل ذات غطاء ويميل للبياض ويفقس بعد يوم إلى سـتة أيام عند درجة ٢٣°م. وتخرج منه حوريات (شكل٤ ـ ١٢١) تشبه أبويهـا وتنسلخ خمس مرات خلال ١٨ ـ ٣٥ يومـا لتتحول بعـدها الحشرة البالغة.

وإن كان بق الفراش غـير معروف عنه أنه ينقل الأمـراض، ولكن قد يكون ناقلا ميكانيكيا للكثيـر من الأمراض مثل الحمى الراجحة والتريبانوسومـا والفيروسات. وثمة أنواع من البق المُجنّح مثل جنس رودينوس ***Rhodnius*** والبق اللاثم ترايتوما ***Triatoma*** وهو شائع فى أمريكا الجنوبية، ويُعتبر ناقلا لمرض شاجاس **Chagas disease** للإنسان والذى يسببه نوع من التريبانوسوما ***Trypanosoma cruzi***. وعادة يتبرز هذا النوع من البق عند عضه للإنسان مما يؤدى إلى تلوث الجرح ببراز الحشرة والذى يحمل الطفيلى.



شكل (٤-١٢١) *بق الفراش* ***Cimex lectularius***

(أ) الذكر. (ب) العذراء. (جـ) النهاية الخلفية للأنثى.

بيدكيولاس هيمانوس *Pediculus humanus*

قمل الإنسان **Human lice**

من الحشـرات الشائعة وهى مـاصة للدماء وطـفيلى خارجى على الإنسـان. وقد تعمل كناقل للعديد من الأمراض التى تسببهـا كائنات ممرضة. ويوجد منها نوعان: قمل الجسم - بيـدكيولاس هيمـانوس كوربورس ***P. humanus corporis***، وقمل الرأس - بيدكيولاس هيمانوس كابتس ***P. humanus capitis*** (شكل ٤ - ١٢٢ب). ويتميز قمل الرأس بأنه أصغر حجما وأدكن لونا - لاسيـما على الجوانب - من قمل الجسم. كما أن قرون الاستشعار أغلظ قليلا، وإن الحدود بين عقل الجسم أكثر وضوحا. وثمة نوع ثالث هو قمل العانة - فيـشيرس بيوبس ***Phithiris pubis*** الذى يصيب منطقة العانة والمنطقة حول الشرجيـة فى الإنسان وأحيانا تحت الإبط ورموش العين وغـيرها من مناطق الجسم التى تتميز بوجود شعر. ويتميز قمل العانة ببطن قصير وعريض مع وجود أربعة نتوءات على جانبى الجسم فى العقل من ٤ - ٧ ويُزوّد كل نتوء بمجموعة من الشعر.

وقمل الإنسان مبطط من أعلى لأسفل، والرأس يحمل قرن استشعار قصير يتكون من خمس قطع، وعيون مـختزلة وأجزاء فم ثاقبة ماصة تكون منسـحبة للداخل وتظهر عند مص الدم (شكل ٤ - ١٢٣). ويتكون الصـدر من ثلاث عـقل متـميزة ولا تـوجد أجنحة، والأرجـل مهيـأة للتعلق. ويتكون الجـسم من ثمانيـة عقل، تمثل الأولى مـنها عقلتين جنينيتين قد التحمتا . أما العقلة الأخيرة مختزلة. ويتميز الجزء الأخير من البطن فى الأنثى بشق على شكل حـرف «٨» على العـقلة الثامنة التـى تحمل الشـقب التناسلى وعلى جانبيها قديمات تناسلية **gonopods** تقفل الفتحة وتفرز مادة أسمنتية تساعد على لصق البيض على الشـعر أو ملابس العـائل (شكل ٤ - ١٢٢جـ). أما الذكر فمـؤخرته ضيقـة ويحمل عضو التسافـد أو القضيب **aedeagus** الذى يبرز خلف النهـاية الخلفية للبطن.

ولون البيض المخـصب أبيض يبلغ طوله حوالى نصف مليمتـر وله غطاء ويفقس بعد ستة أيام عن حوريات لا تختلف عن أبويهـا سوى فى الحجم وعدم نضج الأعضاء التناسلية (شكل ٤ - ١٢٢أ). وبعد انسلاخ ثلاث مـرات (من ٨ - ١١ يوما) تتحول إلى الحشرات اليـافعة. وينقل القمل الأمراض الآتـية: التيفوس الوبائى الذى يسـببه ***Rickettsia prowazeki***؛ حمى الصـدع (الأخدود) **trench fever** وتسببـه ***Rickettsia quintana***، الحمى الراجعة التى يسببـها الاسبيروكيت ***Borrelia recurrentis*** وحمى التيفوس **murine typhus** التى يسببها رايكتسيا موسيرى ***Rickettsia mooseri***.

(ب)

قرن استشعار
Antenna
رأس
Head
عين بسيطة
Simple eye
فتحة تنفسية صدرية
Thoracic spiracle
الحرقفة
Coxa
الصدر
Thorax
الفخذ
Tibia
رسغ القدم
Tarsus
البطن
Abdomen
النتوء الفخذي
Tibial process
المخلب الرسغي
Tarsal claw
الصفائح
Pleural plates
فتحة تنفسية بطنية
Abdominal spiracle
ذكر بالغ
ADULT MALE
عضو التسافد (القضيب)
Aedeagus

(أ)

الشرج
Anus
الحورية
NYMPH

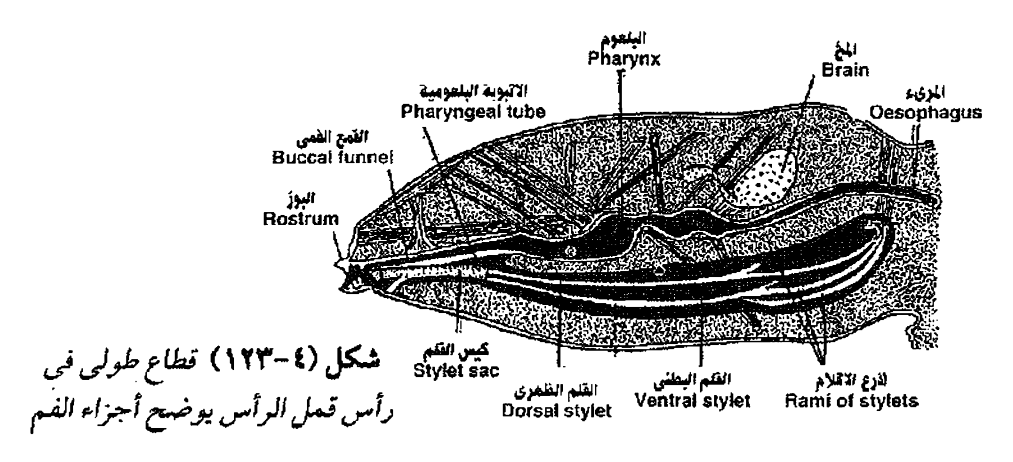
(د)
الجزء الطرفي للأنثى
POSTERIOR END OF FEMALE

القطعة العصبية السابعة
7th sternum
الثقب التناسلي
Genital pore
الذيبات التناسلية
Gonopods

(جـ)
البيضة
EGG
Operculum
Hair

شكل (٤-١٢٢) قمل الرأس *Pediculus humanus*

(أ) العذراء. (ب) الذكر. (جـ) بيضة ملتصقة بالشعر. (د) النهاية الخلفية للأنثى.



شكل (٤-١٢٣) قطاع طولي في رأس قمل الرأس يوضح أجزاء الفم

بيولكس اريتانز *Pulex irritans*

البرغوث Flea

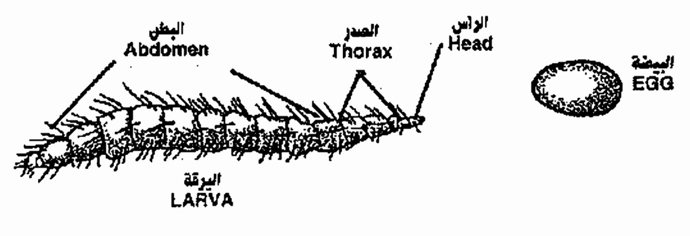
حشرة صغـيرة منضغطة الجانبين، وهى فى طورها اليافع طفيليـات خارجية على الإنسان، تتغذى بامتصاص دم العائل. ويتميز برغوث الإنسان برأس مثلثى الشكل مزود بزوج من العيون البسيطة، وقرون استشعار قصيرة تتركب من ثلاث قطع توجد كل منها فى ميـزاب على جانب الرأس. وتكون قـرون استـشعار الذكـور أكبر مـنها فى الإناث وتستخدم فى القبض على الإناث خلال عمليـة التسافد. وفى بعض أنواع البراغيث مثل براغـيث الكلاب ***Ctenocephalides canis*** تكون الرأس مـزودة بصف من الأشـواك السمـيكة المنحنية لأسفـل لتكون المشط الخدى **genal comb**، ويوجد صف مماثل من الأشواك يبـرز من الصدر الأمـامى يسمـى مشط الصـدر الأمامى **pronotal comb**، وتعمل الأمـشاط كوسائل للتـعلق بشدة بالعائل، ولكن يخلو برغـوث الإنسان من هذه الأمشاط.

ويتركب الصدر من ثلاث عقل واضحة، أكبرها الصدر الأوسط، ويحمل الصدر ثلاثة أزواج من الأرجل جـيدة التكوين والمهيـأة للقفـز. وعلى وجه الخـصوص الزوج الأخير وهو أكبرها. ويتكون البطن من عشر عقل، وتـوجد الفتحة التناسلية الأنثية على العقلة الثـامنة، وتحمل القطعة التاسـعة صفيـحة ظهرية حسـية هى الدبر **pygidium**، ويوجد للأنثى فى الداخل الحوض المنوى **spermatheca** عند النهاية الخلفية فى الجسم (شكل ٤ ـ ١٢٤ أ). ويوجد الدبر فى الذكـر على السطح الظهرى للعقلة التـاسعة التى تبرز علـى كلا الجانبين لتكـون بروزات معقـدة أصبـعية الشكل هـى القوابض **clasp-ers**ويتميز الجزء الأخير من بطن الذكـر بوجود قضيب أو عضو تسافد **aedagus** الذى يبـرز للأمـام من بين القـوابض (شكل ٤ ـ ١٢٤ ب). ومـن الملاحظ أنه من الصـعب الإمساك بالبرغوث حيث إن مادة الكيتين التى يتكون منها الجُليّد تكون ملساء وزلقة كما أن الشويكات التى تغطى الجسم تتجه للخلف.

وتضع الأنثى بيضها فى شـقوق أرضيات الغرف أو تحت السجاجـيد أو الحصر. والبيض أبيض لؤلؤى (شكل ٤ ـ ١٢٤ جـ) يفقس بعد ١ ـ ٤ أيام طبقا لدرجة الحرارة. وتخرج منهـا يرقة دودية الشكل لهـا رأس وأجزاء قارضـة وليس لها عـيون ولا أرجل (شكل ٤ ـ ١٢٤جـ)، ويلى الرأس ثلاث عقل صدرية، وعشر بطنية، ويوجد بين العقل صفوف عرضية من الأشواك القصيرة التى تساعد على الحركة. وتتغذى اليرقة على المواد العضوية وتـنسلخ مرتين، وفى الطور الثالث تتوقف عن التـغذية وتنسج شرنقـة حولها

ADULT FEMALE

البطن
Abdomen
الرأس
Head
الصدر
Thorax
الدبر
Pygidiunm
قرن الاستشعار
Antenna
عين بسيطة
Simple eye
حافظة المني
Spermatheca
أجزاء الفم
Mouth parts
الفتحات التنفسية البطنية
Abdominal spiracles
الفخذ
Tibia
رسغ الرجل
Tarsus
مخلب
Claw
(أ)
الوتد القصي
Sternal apodeme
الدبر
Pygidiun
القوابض
Claspers
عضو التناسل (القضيب)
Aedeagus
الوتد القضيبي
Aedeagal apodeme
(ب)
النهاية الخلفية للذكر
POSTERIOR END OF MALE







(جـ)

شكل (٤-١٢٤) البرغوث *Pulex irritans*

(أ) الحشرة الكاملة. (ب) الجزء الخلفى للذكر.

(جـ) دورة الحياة.

وتتحـول داخلها إلى الحورية (شكـل ٤ ـ ١٢٤ جـ)، تظهر بعدها الحـشرة البالغـة بعد أسبوع أو أسبوعين.

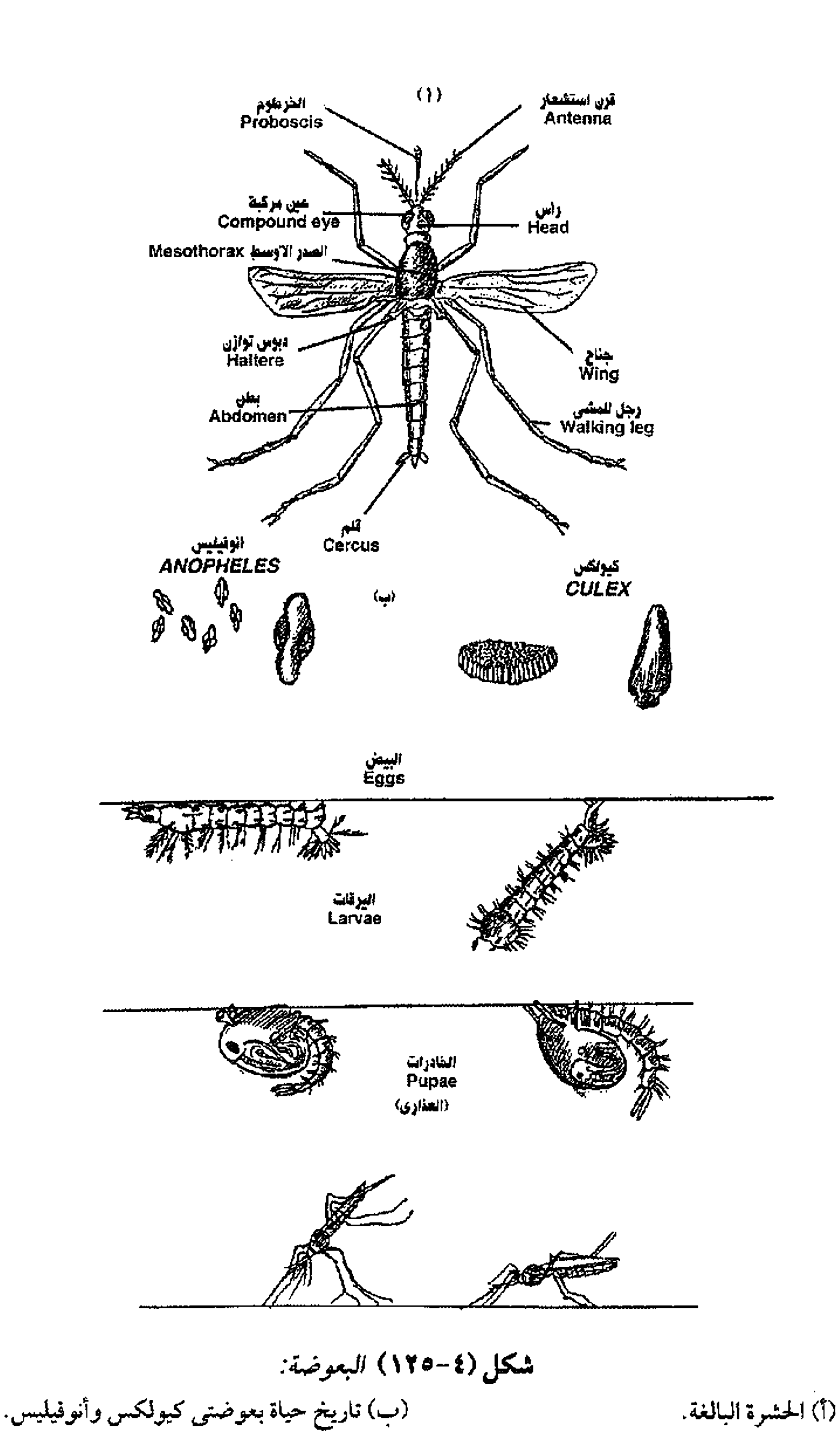
وللبراغيث أهمية طبية لأنهـا تنقل بعض الأمراض الخطيرة منها: مرض الطاعون والذى تنقله بعض أنواع براغيث الجرذان **rat fleas** من جنس ***Xenopsylla cheopis***. ومرض الطاعون مرض بكتيرى تسببه بكتريا باستيوريللا بستس ***Pasteurilla pestis***. وتتم العدوى بتلوث مكان عضة البرغوثة بالبراز أو البكتريا التى تقيأتها أثناء مص الدم، كـذلك تنقل البراغـيث التيـفوس المتـوطن **endemic murine typhus** الذى يسببه ريكتسيـا موسيرى ***Rickettsia mooseri = R. typhi*** والذى يُنقل بسبب تلوث الجرح التى تسبب عـضه البرغـوثه. كما تعمل بـعض أنواع البراغيث كعـوامل متوسط ليـرقة الدودة المثانيـة لنوعين من الديدان الشريطيـة: الدودة الشريطية القـزمة ***Hymenolepis nana*** للإنسـان والجرذان والفـئـران. وكذلك دودة الكـلاب الشريطيـة ***Dipylidium caninum*** الذى يصيب الكلاب والقطط وأحيانا الأطفال.

البعوض Mosquitoes

تنتـمى إلى رتبـة ثنائية الأجنـحة وتشـمل العـديد من الأنواع منهـا: كيـولكس ***Culex***، الأنوفليس ***Anopheles*** والأيدس ***Aedes***. وتتـمـيـز برأس مـزود بزوج من العيون المركبة، وزوج واحد من قرون الاستشعار الطويلة وهى أطول من الرأس وتتركب من عدد كبـير من القطع ومغطاة بشعيـرات حساسة، وهى مخـتلفة فى الإناث عنها فى الذكور. فبينما الشعر قليل وقصير فى الأنثى **pilose** فهو كثيف وطويل وريشى الشكل فى الذكر **plumose**.

وأجزاء الفم متـحورة إلى فم ثاقب ماص، وبينما تستـخدم الإناث بوزها للثقب والمص حيث تتغذى بدم العائل، فـالذكر يستخدمه فقط ليتـغذى على عصارة النباتات. ويتركب الصدر من ثلاثة أجزاء متصلة بعضها ببعض. وبينما الصـدرين الأمامى والخلفى صغيران يكون الصدر الأوسط كبيرا. ويتصل الصدر بالرأس بواسطة عنق قابل للانثناء. ويحمل الصدر ثلاثة أزواج من الأرجل الطويلة الدقيقة. ويحمل الصدر الأوسط أجنحة غشائية مـزودة بعروق ويمكن ثنيها، والأجنحة ذات كفاءة عـالية فى الطيران (شكل ٤ ـ ١٢٥أ).

ويتركب الجسم من عشر عقل الأولى منها أثـرية ومتحدة بالصدر. بينما تتداخل العقلتـان التاسـعة والعاشـرة جزئيـا ويمكن التميـيز بين النهـاية الخلفية لـكل من الذكر والأنثى. فبينما فى الذكر تحمل القوابض التى تبرز عند النهاية الخلفية. ولكن فى الأنثى تكون العقلة العاشرة كليلة وتحمل زوجا من الذؤابات **cerci** (شكل ٤ ـ ١٢٥أ).



شكل (٤-١٢٥) *البعوضة:*

(أ) الحشرة البالغة. (ب) تاريخ حياة بعوضتي كيولكس وأنوفيليس.

والتطور فى البعوض ـ كما فى ثنائيات الأجنحة ـ تطور كامل إذ تفقس البيضة عن يرقة أسطوانية عديمة الأرجل تعيش فى الماء وتتنفس الهواء الجوى إضافة إلى خياشيم شرجية (شكل ٤ ـ ١٢٥ب) تساعدها على التنفس فى الماء. وتتحول اليرقة إلى عذراء نشطة سريعة الحركة ولكنها لا تتغذى وتتنفس الهواء الجوى، وبطن العذراء مكون من ٩ عقل تنتهى بخياشيم قصبية، وتتحول العذراء إلى الحشرة البالغة.

والبعوض ذات أهمية نظراً للأمراض التى ينقلها للإنسان ومنها:

١ ـ أمراض فيروسية مثل الحمى الصفراء **yellow fever**، الدنجى **dengue**، حمى تكسير العظام **break bone fever** الذى تنقله أساساً حشرة أيدس إيجبتيا ***Aedes aegyptia***، وكذلك التهاب الدماغ السحائى **encephalitis** وهو مرض خطير تنقله بعض أنواع حشرة كيولكس ***Culex pipens, Culex tazalis***.

٢ ـ الملاريا بأنواعها والتى يسببها طفيلى البلازموديوم وتنقلها بعوضة الأنوفليس.

٣ ـ مرض الفيل **elephantiasis, filariasis** والذى يسببه الطفيلى الخيطى ***Wuchereria bancrofti***، وهو طفيلى شائع فى مناطق الشرق الأوسط وتنقلها بعوضة كيولكس بيبنز ***Culex pipens***.

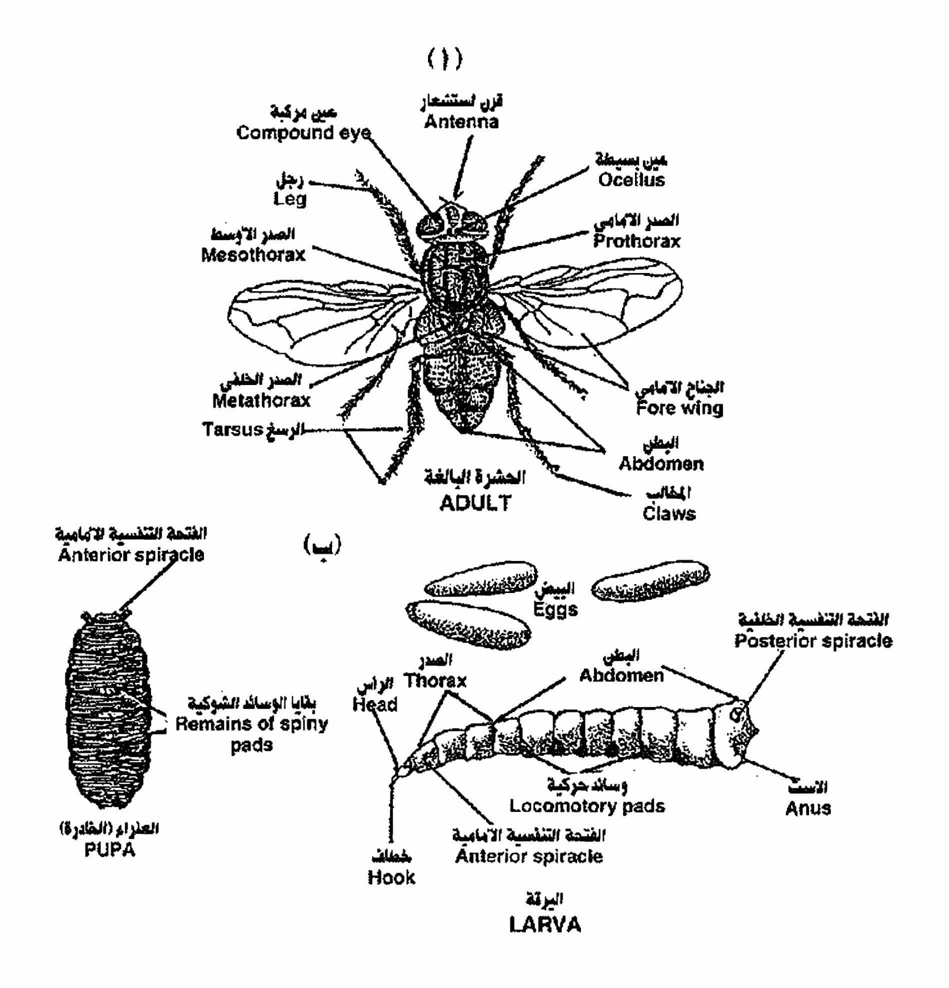
الذبابة المنزلية،ماسكا دومستيكا *Musca domestica vicina*

حشرات شائعة فى معظم بلاد الشرق الأوسط، وثمة أنواع أخرى فى جميع أنحاء العالم. وهى عادة تنشط خلال الربيع والصيف والفصول الممطرة.

والرأس متحرك يحمل زوجا من العيون المركبة، إضافة إلى عوينات بسيطة. وزوج من قرون الاستشعار المكون من ٣ قطع، القطعة الطرفية منها طويلة ومزودة بشوكة يطلق عليها السفا **arista**. وأجزاء الفم متحورة إلى خرطوم طويل يبرز تحت الرأس ويتكون من بوز قاعدى **rostrum** وجزء متوسط **haustellum**، وشفة بعيدة **labella** عبارة عن فصوص عريضة تحتوى سطوحها على مجموعة من القنوات التى تصبح مفتوحة بحلقات كيتينية غير كاملة يطلق عليها القصيبات الكاذبة **pseudotracheae**. وأجزاء الفم فى الذباب المنزلى من الطرز الأسفنجى الماص لأنها تمص الطعام السائل وتشفطه بواسطة البلعوم الماص.

ويتكون الصدر من ثلاث عـقل ويمتد على الصدر أربعة خطوط طوليـة قائمة على سطحه الظهرى، ويحمل الصدر المتوسط زوجًا من الأجنحة الكبيرة الشفافة، أما الصدر الخلفى فيـحمل زوجـان من دبوسى التوازن والتى يُعتقد أنهـا أعضـاء توازن. ويحمل الصـدر ثلاثة أزواج من الأرجل ينتـهى كل منهـا برسغ يتكون من خـمس قطع تنتـهى بمخلب بينهما وسادة **pulvillus** (شكل ٤ ـ ١٢٦ أ).

ويتكون البطن من عشر عقل ولكن الظاهر منها أربعة فقط والباقى إما مختزل أو ضامر، ويمتد على السطح العلوى للبطن خط طولى أسود (شكل ٤ ـ ١٢٦ أ).



شكل (٤-١٢٦) *الذبابة المنزلية Musca domestica*

(أ) الحشرة الكاملة. (ب) دورة الحياة.

والتطور كامل حيث يفقس البيض عن يرقات صغيرة طولها حوالى مليمتر تتغذى بشراهة حتى تصل إلى حوالى ١٢ مليمترا أو أكثر، وتستغرق حياة اليرقة ٣ ـ ٤ أيام تنسلخ خلالها مرتين تتحول بعدها إلى طور العذراء حيث تكف عن تناول الطعام وينكمش جلدها وتتحول إلى كيس برميلى الشكل لونه أحمر قاتم، وتتحول اليرقة داخل الكيس إلى طور العذراء (شكل ٤ ـ ١٢٦ب)، وبعد ٣ ـ ٤ أيام فى الجو الدافىء تخرج الحشرة الكاملة.

ويعتبر الذباب المنزلى عاملا هاما فى نقل الكثير من الأمراض للإنسان منها التيفود، والأميبا الباسيلية، والكوليرا، وإسهال الأطفال، والرمد، والسل. وكذلك فيروس شلل الأطفال. كما يمكن للذباب أن ينقل بيض بعض الديدان المفلطحة. وكذلك يعتبر من العوامل التي تسبب العدوى الهيداتية **hydatid infection**.

وتنقل ذبابة تسي تسي الماصة للدماء من جنس جلوسينا ***Glossina*** عدوى التريبانوسوما للإنسان والحيوانات والتي تسبب مرض النوم الأفريقي والروديسى، كما تعمل ذبابة الرمل فيليبتوماس ***Phlebotomus*** على نقل طفيلى الليشمانيا، فذبابة فيليبوتوماس باباتزياى ***P. papatasii*** هى الناقل الرئيسى للطفيلى الذى يسبب قرحة الشرق **oriental sore** أو ليشمانيا الجلد **cutaneous leishmaniasis** أما نوعى ***P. perniciosus, P. longicupsis*** فهما الناقل الرئيسى للطفيلى المسبب لمرض الكلازار **Kala - azar** أو ليشمانيا الأحشاء **visceral leishmaniasis** فى منطقة البحر المتوسط، حيث تكون الكلاب هى العائل الرئيسى. أما ذبابة الإسطبل ستومكسس ***Stomoxys calcitrans*** فتتطفل على دماء الحيوانات كالماشية والخيل والحمير وتسبب آلاما شديدة.

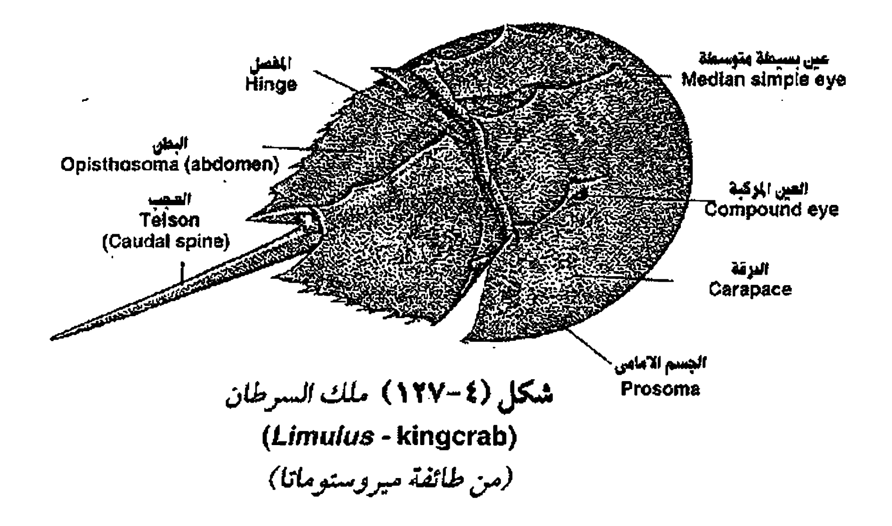
تصنيف شعبة مفصليات الأرجل

تنقسم شعبة مفصليات الأرجل إلى عدة شعيبات تشمل كل منها مجموعة من الشعيبات والطوائف:

١ ـ شعيبة: ثلاثية الفصوص ـ ترايلوبيتا

TRILOBITOMORPHA (TRILOBITA)

كل أفرادها منقرض، كانت بدايتها قبل العصر الكمبرى ولكنها كانت أكثر وفرة خلال العصر الكمبرى إلى الكربونى، وتتميز أفراد هذه الشعبة بوجود ٣ فصوص للجسم الذى ينقسم طوليا بميزابين. وتتكون من الرأس والصدر والبطن وزوائد الجسم ذات شعبتين.



شكل (٤-١٢٧) ملك السرطان
(*Limulus* - kingcrab)
(من طائفة ميروستوماتا)

٢ـ شعيبة: كلابية القرون CHELICERATA

يُعرف منها حـاليًا حوالى ٧٢ ألف نوع، وفيهـا يتحور الزوج الأول من الأطراف ليكون قرونًا كلابية ويليه زوج من الأرجل الملماسية، وأربعة أزواج من الأرجل، وتخلو من قرون الاستشعار والفكوك، والرأسصدر والبطن غيـر معقلين، ومعظمها مهيأ لشفط الغذاء السائل وتشمل الطوائف الآتية:

(أ) طائفة: ميروستوماتا MEROSTOMATA

معظمهـا منقرض، وخنجرية الذيل وهى مجمـوعة قديمة تتميـز برأسصدر وبطن وعيون جانبية مركبة، وأطراف البطن متحورة إلى خياشيم وينتهى الجسم بواسطة عجب طويل **telson** وتنقسم إلى ثلاث رتب:

مثال: ملك السـرطان ***Limulus*** **- Horseshoe crab** (شكل ٤ ـ ١٢٧).

(ب) طائفة: بكنوجونيدا ـ عناكب البحر PYCNOGONIDA - SEA SPIDERS

تشمل عناكب البـحر وهى عادة صغـيرة (٣٠ ـ ٤٠ مم) لكن قد يصل معظـمها إلى ٥٠ سم. يتـركب الجسم من رأسـصدر وبطن نحـيل توجد عادة أربـعة أزواج من أرجل المشى الطـويلة (لبـعض الأنواع ٥ أو ٦ أزواج حـيث تكون بعض العـقل قـد تضاعفت). الفم محمول على خرطوم طويل. لا توجد أجهزة تنفسية أو إخراجية.

أمثلة: بكنوجونيم ***Pycnogonum***، والنمفون ***Nymphon***.

(جـ) طائفة العنكبيات ARACHNIDA (لوحة رقم ٤ - ١٢)

تشمل العناكب، والعقارب، والحلم والقراد والحصاد **harvestman**. لها أربعة أزواج من الأرجل. البطن مـعقل أو غيـر معقـل، يحمل أو لا يحمل أطرافـا. يتمـيز بوضوح الرأســصدر. التنفس بالخياشـيم أو القصبـات الهوائية أو الرئات الكتبـية. المخ ظهرى مكون من فصين يتـصلان بكتلة بطنية من العقـد العصبية. أجـزاء الفم ماصة أو يوجد بلعوم ماص يعمل على شفط الأنسجة اللينة للفريسة.

أمثلة: العناكب ليكورما ***Lycorma***، العقرب ـ ليوريس ***Leiurus***.

وتشمل طائفة الـعنكبيات ١٣ رتبة منها: العـنكبوتيات **Araneae**، والعقربيات **Scorpiones** والأكاروسات **Acriformes** التى تشمل القـراد والحلم (لوحة رقم ٤ ـ ١٢).

٣ـ شعيبة القشريات CRUSTACEA

معظمهـا مائية، يوجد عادة درقة للراســصدر، الأطراف ثنائية الشعبة قـد تتحور لتؤدى وظائف مـعينة، وجود زوجين من قرون الاســتشعار وزوج من الفكوك الأمـامية **mandibles** وزوج من الفكوك السفلية **maxillae**. توجد عادة يرقة نيوبليس. توجد أعضاء هي الخيـاشيم مهيأة للتنفس. عـدد العقل من ١٦ ـ ٢٠ عقلة، ولكن فى بعض الأنواع البدائية تصل إلى ٦٠ عقلة أو أكثر. يعرف منها حوالى ٣٢ ألف نوع.

الأمثلة: الروبيان (الجمـبرى)، السرطان (الكابوريا)، الإستاكوزا (جـراد البحر)، براغيث الماء، السيكلوبس (لوحة رقم ٤ ـ ١٣).

٤ـ شعيبة أحادية الشعبة UNIRAMIA

تشمل الحشرات وعديدات الأرجل **Myriapods**، الأطراف أحادية الشعبة، قرن واحد للاســتشعـار وزوج من الفكوك الأمامـية اللحى **mandibles** وزوج أو اثنين من الفكوك السفلية، وتشمل:

(أ) طائفة: مزدوجة الأرجل ـ ذو الألف رجل

DIPLOPODA - MILLIPEDES

الأجسام اسطوانية، يتراوح عـدد العقل من ٢٥ ـ ١٠٠ عقلة، الرأس مزود بقرن استشـعار قصير، يتكون الصدر القـصير من أربع عقل كل منها تحـمل زوجا واحدا من

الأرجل. يتكون الجـذع من عدد كبير من العـقل تحمل كل منهـا زوجين من الأرجل، تخلو من مخالب السم، ولكن تحمل معظم عقل الجذع غدد منفرة مزدوجة.

أمثلة: يولوس ***Julus***، بوليدزموس ***Polydesmus***.

ب- طائفة: كلابية الأرجل- ذو المائة رجل CHILOPODA - CENTIPEDES

حيـوانات تعيش على اليـابسة، الأجسـام مبططة، عدد عـقل الجسم غـير ثابت (يتراوح من بضع عـقل إلى ١٧٧ عقلة) تحـمل كل عقلة زوجًا واحـدًا من الأرجل، ما عدا العـقلة التي تلي الرأس حيث تحولت الأطراف إلى مخـالب سمية. وتشـبه أطراف الرأس تلك التي للحشرات (زوج من قرون الاستشعار، زوج من الفكوك العلوية **man-dibles** اللحى) زوج من الفـكوك السـفلية، وزوج من العـيـون تتكون كل منهـا من مجموعة من العيون البـسيطة التي تقع على السطح الظهرى للرأس. سُجِّل منها حوالى ٢٥٠٠ نوع.

أمـثـلة: أم أربـعـة وأربـعـين ***Scolopendra***، ليثوبـيس ***Lithobius*** (لوحة رقم ٤ ـ ١٤).

جـ- طائفة: الحشرات INSECTA

يتكون الجـسم من رأس وصـدر وبطن، الرأس يحـمل زوجـا واحدا من قـرون الاستشعـار، أجزاء الفم متحورة لتلائم العادات الغـذائية. تتكون الرأس من ست عقل مندمـجة، والصـدر من ثلاث عقل والبطن من عـدد غيـر ثابت من العقـل (عادة ١١ عقلـة). يحمل الصـدر عادة زوجين من الأجنحـة أحيانـا زوجًا واحدًا وقـد يخلو من الأجنحة، وثلاثة أرجل مفصلية، الأجناس منفصلة، التـحور قد يكون كاملا أو متدرجًا أو ينعدم.

أمـثـلة: الصـرصـور ***Periplanta americana***، الذبابـة المنزليـة ***Musca domestic***، والبـعوض ***Culex, Aedes***، والبق ***Cimex lectularius***، والبـرغوث ***Pulex irritans***، والقمل ***Pediculus***، نحل العسل ***Apis mellifera***، دودة الحرير ***Bombyx mori***، والنمل ***Monomorium pharaonis*** وغيرها من الحشرات.

الفصل الحادي والعشرون

شعبة الرخويات

MOLLUSCA

من أكبر شعب الحيوانات بعد مفصليات الأرجل. سجل ما يربو على مائة ألف نوع، ويُطلق عليها رخويات نظرًا لأجسامها اللينة (**molluscus** = رخو، لين).

وتتواجد الرخويات في نطاق واسع من الموائل، من المنطقة المدارية إلى البحار القطبية وحتى عند ارتفاعات تتجاوز ٧٠٠٠ مترًا، ومعظمها يقطن الماء في البرك والبحيرات والجداول والأنهار والسهول الطينية والمناطق الشاطئية وتحت الشاطئية من البحار والمحيطات وعرض المحيط حتى الأعماق السحيقة وكذلك اليابسة.

وتضم الرخويات مجموعة متباينة من الحيوانات فمنها الكيتونات **chitons**، والأصداف النابية **tooth shells**، والقواقع **snails** والبزاقات **slugs** وعاريات الخياشيم **nudibranchs** والبطلينوس **clams** والمحار ـ الاستردیات **oysters** (لوحة رقم ٤ ـ ١٥) والحبار **squids**، والأخطبوطات **octopuses**، والنيوتيلس ـ النوتي ***Nautilus***. وتتراوح في حجمها من أحجام ميكروسكوبية دقيقة إلى الحبار العملاق الذي يصل طوله ١٨ مترا بما فيها اللوامس. ومن الصدفيات العملاقة التي تنتشر في البحارة الدافئة هي محارة البُصر ـ ترايدكنا ***Tridacna gigas*** (لوحة رقم ٤ ـ ١٦) التي تنتشر بين الشعاب المرجانية في المحيطين الهندي والباسيفكي وأيضا في البحر الأحمر، وقد تزن ٢٢٥ كيلو جراما ويصل طولها إلى حوالي المتر والنصف. وتتميز الرخويات بالآتي:

١ ـ الجسم ذات تماثل جانبي (وإن كان البعض غير متماثل جانبيا) وغير مقسم إلى عقل وعادة يوجد رأس محدود.

٢ ـ يتخصص جدار الجسم البطني كقدم عضلي يتحور إلى أشكال متنوعة.

٣ ـ يكون جدار الجسم الظهري زوجا من الثنيات تُعرف بالبرنس **mantle**، الذي يحوي التجويف البرنسي، والذي قد يتحور إلى خياشيم أو رئات، ويفرز عادة صدفة كلسية (قد تختفي في بعض الأنواع).

٤ ـ تكون الطلائية السطحية عادة مهدبة، وتحمل غددا مخاطية ونهاية أعصاب حسية.

٥ ـ برغم أن الرخويات من السيلوميات الحقيقية، فالسيلوم يتكون بطريقة مشابهة للحلقيات، ولكن فى الحيوان البالغ يقتصر أساسا على المنطقة المحيطة بالقلب، وربما يقتصر على تجويف المناسل وجزء من الكلى.

٦ ـ الجهاز الهضمى مركب، ويُزود الفم عادة بعضو كالمبرد هو السفن أو المفتات **radula**، ويفتح الإست عادة فى تجويف البرنس.

٧ ـ الجهاز الدورى مفتوح فى معظم الرخويات (غالبا يكون مقفلا فى الرأسقدميات)، ويتكون القلب عادة من ثلاث حجرات وأوعية وجيوب دموية، ويحتوى الدم على أصباغ تنفسية.

٨ ـ يتم التنفس عادة بواسطة الخياشيم أو الرئات والبرنس وسطح الجسم.

٩ ـ توجد عادة كُلْية أو كُليتان تفتحان فى تجويف التامور، وتصب عادة فى تجويف البرنس.

١٠ ـ يتكون الجهاز العصبى من عقدة مخية، وعقد جانبية وقدمية وحشوية مزدوجة، متصلة بعضها ببعض بأحبال عصبية وضفيرة تحت جلدية. وفى البطنقدميات **Gastropoda** والرأسقدميات **Cephalopoda** تتركز العقد العصبية فى حلقة عصبية مركبة.

١١ ـ توجد أعضاء حس تختص باللمس والشم والاتزان والرؤية (فى بعض الأنواع). وفى الرأسقدميات تكون العيون جيدة التكوين لتلائم الحياة النشيطة لهذه الحيوانات.

والرخويات ذات أهمية اقتصادية فالكثير منها يستخدم غذاء للإنسان مثل المحار والجندوفللى، وبلح البحر وبعض أنواع القواقع، وكذلك السبيط (السبيدج) والحبار وغيرها. كما تُصنع أزرار اللؤلؤ من الأصداف ذات المصراعين، أو حتى من أصداف بعض البطنقدميات وقد يُضاف مسحوق الأصداف لغذاء الدواجن لتزويدها بما يلزمها من الكالسيوم والفوسفور. كما تُستخدم الأصداف بخلطها بالأسمنت لصناعة بعض أنواع البلاط. وتُستخدم الأصداف فى تطعيم الأثاث الفاخر. كما قد تُحرق الأصداف لإنتاج الجير لاستخدامه كسماد للتربة. كما تستخدم بعض أصداف الرخويات لصناعة الحلى. وقد أمكن استخدام الخيوط التى يستخدمها بلح البحر فى صنع قفازات متينة. ولا يفوتنا أن نذكر أهمية اللؤلؤ الطبيعى أو المستزرع. ومن الناحية الطبية قد يستخدم مسحوق بعض أنواع الأصداف لمعالجة نقص الكالسيوم وهشاشه العظام فى الإنسان، كما قد يكون لسموم بعض أنواعها فوائد طبية.

ومع ذلك فبعض أنواع الرخويات تكون ذات طبيعة مخربة، فديدان السفن الحفارة تسبب أضرارًا كبيرة للسفن والمراسي الخشبية. حتى أن هناك رخويات من بعض ذوات المصراعين التي يمكنها أن تنخر في المنشآت الأسمنتية. كما أن هناك أنواعًا تتطفل كآفات على النباتات وتسبب لها أضرارًا كبيرة. ولا يفوتنا أن نذكر أن الكثير من أنواع القواقع تعتبر ناقلة للكثير من الطفيليات التي تسبب أمراضًا خطيرة للإنسان والحيوان.

التصنيف

تشتمل شعبة الرخويات ٨ طوائف من أهمها:

١ ـ طائفة: وحيدات اللوح MONOPLACOPHORA

متماثلة جانبيًا يتراوح طولها من ٣ ـ ٣٥ مم، القدم مفلطح وعريض، صدفة ظهرية مفردة رقيقة، يحمل الفم سفنًا مميزًا، يحتوى التجويف البرنسي على ٥ ـ ٦ أزواج من الخياشيم. والتجاويف السيلومية كبيرة. الإخراج بستة أزواج من النفريدات، اثنان يعملان كقنوات تناسلية، والأجناس منفصلة.

أمثلة: نيوبولينا ***Neopilina***، ميكروبيلينا ***Micropilina***، وليفيبيلينا ***Laevipilina***.

٢ ـ طائفة: عديدات الصفائح أو الألواح ـ الكايتونات

POLYPLACOPHORA - CHITONS

رخويات تفضل الأسطح الصخرية في المناطق بين المد والجزر، رغم أن بعضها يعيش في أعماق سحيقة. الجسم مستطيل منضغط من أعلى إلى أسفل، التماثل جانبي، الرأس مختزل ويوجد سفن تدعمه مادة الماجنتيت التي تحتوى على الحديد، السطح الظهرى محدب ويحتوى على صدفة تتكون من ثمانية ألواح (شكل ٤ ـ ١٢٨ ب) وعادة تضاهي لون الصخور التي تلتصق عليها، والقدم عريض مفلطح يشغل معظم السطح البطني. الخياشيم عديدة تنتشر على جانبي الجسم بين القدم وحافة البرنس. الأجناس منفصلة، اليرقة هي المطوقة **trochophore**.

أمثلة: أكانثوبلورا ***Acanthopleura***، تونيسيللا ***Tonicella*** (لوحة رقم ٤ ـ ١٥)، ليدوبلورس ***Lepidopleurus***.

٣ ـ طائفة: زورقيات القدم ـ سكافوبودا

SCAPHOPODA (SOLENOCONCHA)

تطلق على الأصداف النابية **tusk shells** أو السِّنية، وهي رخويات قاعية تنتشر في المنطقة تحت الجزرية حتى عمق ٦٠٠٠ متر. الصدفة أنبوبية مفتوحة الطرفين. يلتف البرنس حول الأحشاء ويلتحم مكونا أنبوبًا. معظم زورقيات الأقدام يتراوح طولها من ٢,٥ ـ ٥ سم طولا رغم أن بعضها يتراوح من ٤ مم ـ ٣٠ سنتيمترا في الطول. يُستخدم القدم الذي يبرز من الطرف الكبير للصدفة للحفر في الطين أو الرمل (شكل ٤ ـ ١٢٨ هـ). ويدور تيار الماء التنفسي بالتجويف البرنسي بفعل حركات القدم والأهداب. لا توجد عيون ولا رأس، اليرقة هي المطوقة (تروكوفور).

أمثلة: دنتاليم *Dentalium*، فيزيدنتاليم *Fissidentalium*.

٤ ـ طائفة: بطنيات الأقدام (البطنقدميات) GASTROPODA

الجسم غير متماثل، وتغطيه عادة صدفة حلزونية (وقد تكون غير ملتفة أو غير موجودة في بعض الأنواع). الرأس جيد التكوين يحمل السفْن، والقدم كبير ومفلطح ويوجد خيشوم واحد أو اثنان. وقد يتحور البرنس إلى خياشيم ثانوية أو رئة. وللقلب غالبا أذين واحد. ويتكون الجهاز العصبي من عقد مخية وجانبية وقدمية وحشوية. تقطن بيئات متباينة: اليابسة، والمياه العذبة، والبحر في جميع الأعماق، وبعضًا منها يمكنه السباحة. منها ما يعيش في المياه قليلة الملوحه. وتتواجد تحت الصخور ووسط الطحالب وعلى السطوح الصخرية والأشجار، ومعظم البطنقدميات جالسة.

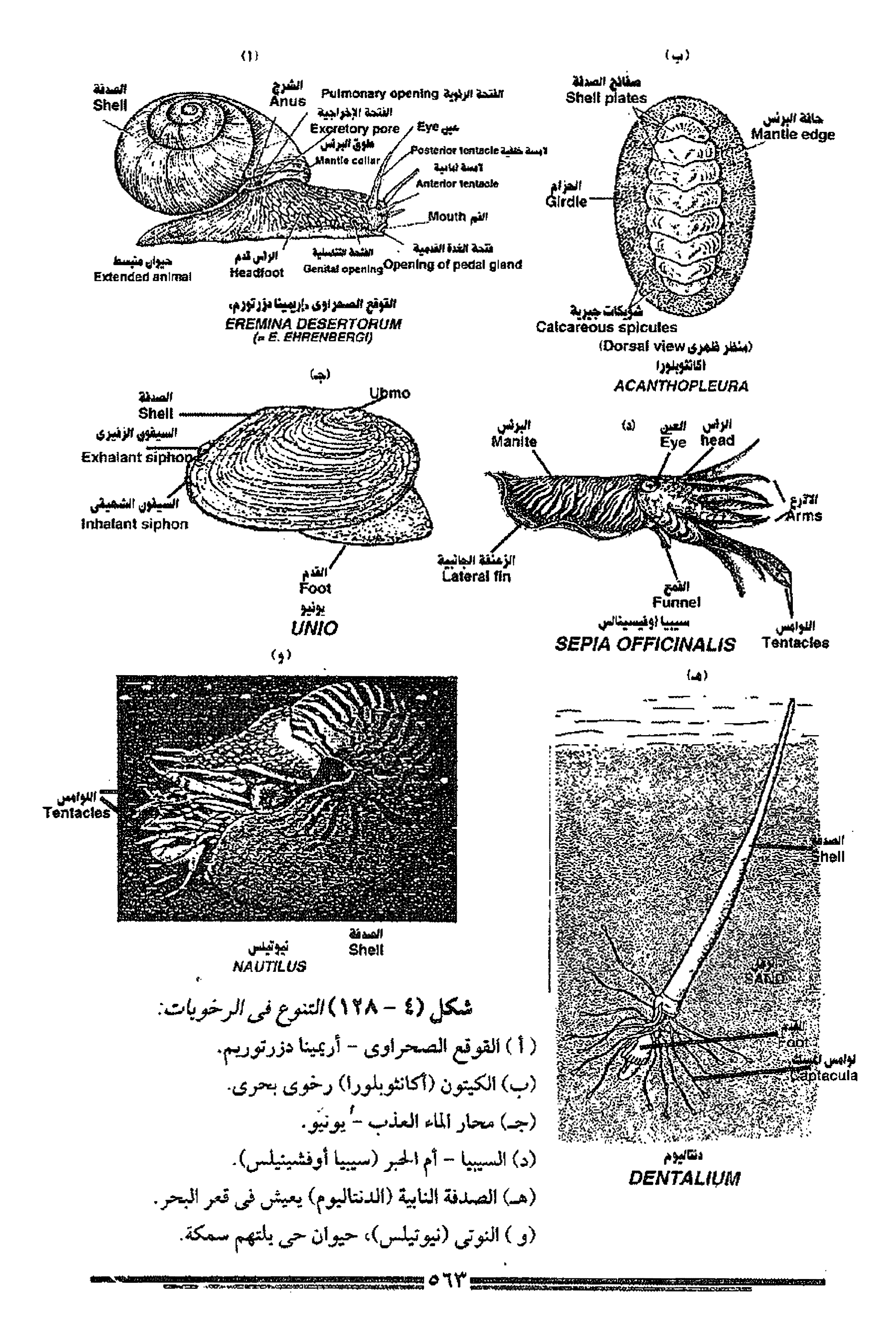
الأمثلة:

القواقع **snails** منها القوقع الصحراوي. اريمينا ديزرثورم *Eremina desertorum* (شكل ٤ ـ ١٢٨ أ) والقوقع البحري كليوستوما *Calliostoma* (لوحة رقم ٤ ـ ١٥)، بيوامفولايا *Biomphalaria*، البزاقات **slugs** البرية والبحرية، أرانب البحر **sea hares** فراشات البحر **sea butterflies**.

وتشتمل البطنقدميات ثلاث طويئفات:

أ ـ طويئفة أمامية الخياشيم PROSOBRANCHIA (STREPTONEURA)

ومن أمثلتها البيريونكل **periwinkle**، باتيلا *Patella* ، قوقع الصخر ـ الملخ ـ ميوركس *Murex*، أذن البحر ـ هاليوتس *Haliotis*، ليتورانيا *Littorina*، ستروميس *Strombus*.



شكل (٤ – ١٢٨) *التنوع في الرخويات:*

(أ) القوقع الصحراوى – أريمينا دزرتوريم.

(ب) الكيتون (أكانثوبلورا) رخوى بحرى.

(جـ) محار الماء العذب – يونيو.

(د) السيبيا – أم الحبر (سيبيا أوفشينيلس).

(هـ) الصدفة النابية (الدنتاليوم) يعيش فى قعر البحر.

(و) النوتى (نيوتيلس)، حيوان حي يلتهم سمكة.

ب ـ طويئفة خلفية الخياشيم OPISTHOBRANCHIA

أمثلة: أرنب البحر الكبير *Apylsia*، فراشة البحر *Cilone* والبزاقات: هيسابرانكس *Hexabranchus*، ديسكيدورس *Discidoris*، أيوليديا *Aeolidia*، سيبادورس *Sebadoris*.

جـ ـ طويئفة: الرئويات PULMONATA

أمثلة: هيلكس *Helix*، أريمينا *Eremina* (شكل ٤ ـ ١٢٨ أ)، ليميكس *Limax*، هيليسوما *Helisoma*، بيومفولاريا *Biomphalaria*، بلانوربس *Planorbis*، بولينس *Bulinus*.

٥ ـ طائفة: ذوات المصراعين (أسفينيات القدم) BIVALVIA (PELECYPODA)

تشمل المحاريات بأنواعها، البرنس يتكون من فصين كل منهما يفرز صدفة، والصدفة مكونة من مصراعين ذات حجم وشكل متنوع، يتصلان من ناحية الظهر بمفصل ظهرى. والرأس مختزل جدًا ولا يحتوى على سفن. وتوجد ملامس شفوية، والرأس خالية من العيون، ولكن بعض الأنواع لها عيون على حافة اللوامس. وعادة يكون القدم أسفينى الشكل، الخياشيم صفائحية الشكل. تتغذى على الكائنات الدقيقة بطريقة الترشيح التى تعتمد على التيارات الهدبية التى تقوم بها الخياشيم. والأجناس عادة منفصلة.

الأمثلة: محار المياه العذبة سباسوبسس روبنز *Spathopsis rubens arcula*، يونيو *Unio* (شكل ٤ ـ ١٢٨ جـ)، دودة السفن ـ تريدو *Teredo*، بلح البحر ـ لثودوماس *Lithodomas*، ميتيلس *Mytilus*، كلايموس *Chlamys* (لوحة رقم ٤ ـ ١٥).

٦ ـ طائفة: الرأسقدميات ـ رأسيات القدم CEPHALOPODA

وتشتمل السيبيا والحبارات والأخطبوطات، والنيويتلس. الصدفة غالبا مختزلة أو غير موجودة الرأس جيد التكوين ويحمل سفنا وعيونا جيدة التكوين، ومزود بأذرع ولوامس، ويتحور القدم إلى مزرق **siphon**. والجهاز العصبى متقدم يتكون من عقدة عصبية أمامية مركزية تتمركز لتكون المخ. التنفس بواسطة زوجين من الخياشيم فى التجويف البرنسى. الجهاز الدموى من النوع المقفل. السيلوم قد يكون جيد التكوين فى بعض الأنواع أو مختزل أو حتى غير موجود فى أنواع أخرى. الأجناس منفصلة ولا يوجد طور يرقى. وهى حيوانات مهيأة للسباحة وتعتبر من أكثر الرخويات تخصصًا.

أمثلة: سيبيا ***Sepia***، الحبار - لوليجو ***Loligo***، الأخطبوط ***Octopus***، اليدون ***Eledone*** (لوحة رقم ٤ - ١٦) والنيوتيلس - النوتى ***Nautilus*** (شكل ٤ - ١٢٧ ولوحة رقم ٤ - ١٦). وقد يصل طول جسم الحبار العملاق إركيتيوثس ***Architeuthis*** ٦ - ٧ مترا وطول الأذرع حتى ١٥ مترا، وهو أكبر اللافقاريات المعروفة على الإطلاق.

شعبة شوكيات الجلد

ECHINODERMATA

شوكيات الجلد كلها بحرية، حيث إن ماء البحر يزودها بأملاح الكالسيوم اللازمة لتكوين هياكلها، وهى مجموعة متخصصة تشمل نجوم البحر والنجوم الهشة وقنافد البحر وخيار البحر وزنابق البحر (لوحة رقم ٤ - ١٧). وقد اشتق اسمها من الأشواك والبروزات الخارجية التى تغطيها. وتتميز شوكيات الجلد بهيكل جيرى. وتركيب شوكيات الجلد سواء الحفريات أو التى تعيش حاليا مبنى على تماثل خماسى الجوانب أو مضاعفاتها. أما خيار البحر فقد اكتسب تماثل جانبى وظيفى. ويعتقد الكثير من العلماء أن شوكيات الجلد الأولى كانت جالسة وأصبحت شعاعية تكيفا مع وضعها الجالس حيث كانت تتصل بالقاع بواسطة سيقان مثل زنابق البحر التى تعيش فى الأعماق. ولكن معظم الأنواع التى تعيش حاليا قد فقدت صفة الالتصاق المستمر بالقاع، وتكيفت لحياة أنشط كمتغذيات بالمعلقات **suspension feeders**، أو على النباتات أو مفترسات متحورة فى تركيبها وسلوكها لتلائم الحياة المتنوعة التى تحياها. وقد سجل حوالى ٧ آلاف نوع تعيش حاليًا، ١٣ ألف نوع من الحفريات. ومن أهم مميزات شوكيات الجلد:

١- الجسم غير مقسم إلى عقل، وذو تماثل شعاعى خماسى فى الحيوان اليافع، وهو إما يكون مستديرا أو أسطوانى أو نجمى الشكل. وللأنواع المشععة يوجد قرص مركزى وأذرع.

٢ - لا توجد رأس، أو مخ، وأعضاء الحس المتخصصة قليلة، ويتكون جهاز الحس من مستقبلات لمسية وكيميائية، وقديمات أنبوبية ولوامس طرفية ومستقبلات ضوئية وحويصلات توازن.

٣ - وجود هيكل داخلى يتكون من عظيمات جيرية جلدية ذات أشواك أو شويكات جيرية فى الأدمة، وتغطيه بشرة مهدبة غالبا، كما توجد ملاقط **pedicellariae** فى البعض.

٤ ـ يتكون الجهاز العصبى من حلقة حولفمية وأعصاب شعاعية وعادة يوجد جهازان أو ثلاثة من شبكات عصبية فى مستويات مختلفة. وهى تتنوع فى درجة التقدم طبقا للأنواع.

٥ ـ يُكَوِن السيلوم جهازًا فريدًا وعائيًا، ويقوم هذا الجهاز بوظيفة هيدروليكية، ويمتد على سطح الجسم كصفوف من القديمات **podia** أو الأقدام الأنبوبية **tube feet** التى تُدفع للخارج بزيادة ضغط السائل داخلها. وتؤدى الأقدام الأنبوبية وظائف عديدة: كالحركة أو الالتصاق بالمرتكز أو حتى بالإمساك بالفريسة. وقد تساهم فى أمرار الطعام ناحية الفم وعلى وجه الخصوص فى المتغذيات بالمعلقات، أو التنفس. يفتح الجهاز الوعائى المائى بفتحة للخارج هى المصفاة **madroporite**.

٦ ـ الحركة إما بالأقدام الأنبوبية، أو حركة الأشواك أو الأذرع التى تبرز من القرص المركزى.

٧ ـ السيلوم متسع ويكون التجويف الحولحشوى وتجويف الجهاز الوعائى المائى، وينشأ السيلوم من المعى القديم.

٨ ـ يوجد جهاز هضمى كامل، محورى أو ملتف، ولا توجد فتحة إست فى الثعبانيات (النجوم الثعبانية).

٩ ـ لا توجد أعضاء إخراجية.

١٠ ـ الجهاز الوعائى الدموى مختزل كثيرًا، ويلعب دورًا بسيطا فى الدوران، ويُحاط بامتدادات السيلوم (الجيوب حول الدموية **perihaemal sinuses**). ويتم الدوران الرئيسى لسوائل الجسم (السوائل السيلومية) بواسطة الأهداب البريتونية.

١١ ـ التنفس بالخياشيم الجلدية والأقدام الأنبوبية والشجرة التنفسية (فى الخيارات)، والأكياس المصلية فى الثعبانيات.

١٢ ـ الأجناس عادة منفصلة، ذات مناسل كثيرة، ويوجد فى الخياريات منسل واحد، والأنابيب التناسلية بسيطة بدون جهاز تسافدى معقد، أو تراكيب جنسية ثانوية. الإخصاب خارجى وبعض الأنواع تحضن البيض. وفى بعض الأنواع توجد أطوار يرقية ثنائية التماثل الجانبى حرة السباحة وتنمو إلى الطور البالغ الشعاعى التماثل. وفى بعض الأنواع يكون النمو مباشرًا.

١٣ ـ لشوكيات الجلد قدرة فائقة على تجديد الأجزاء المفقودة، وكذلك ظاهرة البتر التى تستخدم كوسيلة للتكاثر.

وتستخدم كثير من شوكيات الجلد كغذاء للإنسان ذات قيمة غذائية عالية. فيأكل الناس مناسل قنافذ البحر إما نيئة أو مشوية. كما يعتبر التريبانج **trepang** وهو الجدار المملح لبعض الخيارات البحرية الكبيرة، طعامًا فاخرا وخاصة فى بعض بلاد الشرق الأقصى. كما تجدر الإشارة إلى نجم البحر الشوكى التاجي **crown of thorns** (لوحة رقم ٤ ـ ١٩) يتغذى على الحيوانات المرجانية. وأن وجوده بأعداد كبيرة قد يهدد مساحات شاسعة من حدائق المرجانيات بالاندثار، وقد سجلت منه أعداد كبيرة تغزو المرجانيات بالبحر الأحمر.

تصنيف شوكيات الجلد وأمثلة منها

١- طائفة الزنبقيات CRINOIDEA

معظم الزنبقيات مثل ريش البحر (النجوم الريشية لوحة رقم ٤ ـ ١٧، ١٩) حرة السباحة تعيش فى المناطق بين الجزرية، ويعيش عدد كبير من أنواعها على الشعاب المرجانية. أما زنابق البحر **sea lillies** فهى تتصل بقعر البحر بواسطة ساق طويلة، وكلها متغذيات على المعلقات **suspension feeders**.

تتميز الزنبقيات بأن لها عنق متصل بالناحية اللافمية، ويتكون من عظيمات جلدية. والجسم صغير فنجاني الشكل، وسطحه الفمي يتجه لأعلى حيث تفتح فتحتا الفم والإست. ويتفرع عند القاعدة خمسة أذرع متفرعة تحمل رويشات. وتوجد ميازيب حركية مهدبة تمتد من الفم عبر الأذرع، والأقدام الأنبوبية خالية من الممصات وتشبه اللوامس وتستخدم لجمع الغذاء. ولا توجد أشواك أو مصفاة أو ملاقط.

الأمثلة: انتيدون ***Antedon***، نيومترا ***Neometra***، هتيرومترا ***Heterometra*** (شكل ٤ ـ ١٢٩أ)، تيلوكرانيوس ***Ptilocrinus***، هليومترا ***Heliometra***.

٢- طائفة النجميات.نجوم البحر ASTEROIDEA - Sea stars

شوكيات جلد نجمية الشكل وعادة خماسية ذو قرص مركزى تتصل به أذرع من غير تحديد واضح. وتحتوى الأذرع على امتداد السيلوم والمناسل والقناة الهضمية. الميازيب الحركية مفتوحة، وتوجد الأقدام الأنبوبية على الناحية الفمية، وهى ذات ممصات غالبًا. وتقع الإست (إن وُجِدت) والمصفاة على السطح اللافمى، والملاقط موجودة، الطور اليرقى بيناريا.

أمثلة: استروبكتن *Astropecten*؛ استريا *Asteria*، بايستر *Piaster*، درماستريس *Dermasterias*، جومفيا *Gomophia* الشائع فى البحر الأحمر (لوحة رقم ٤ ـ ١٨)، إكيناستر *Echinaster* (لوحة رقم ٤ ـ ١٩). وعادة تكون نجوم البحر ذات ألوان زاهية ويتراوح حجمها من سنتيمتر إلى حوالى المتر فى العرْض.

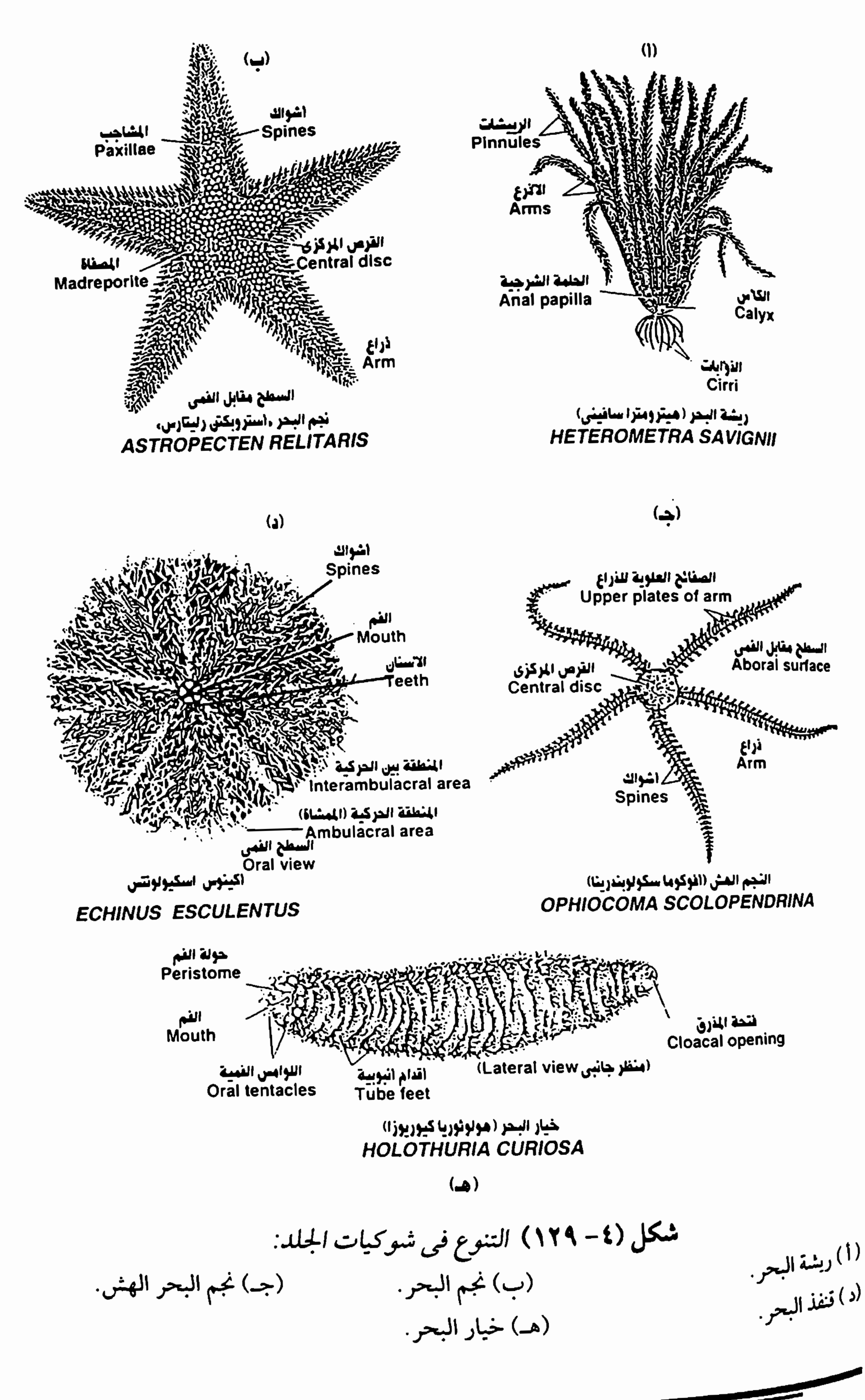
الإستروبكتن *Astropecten* نجم البحر (شكل ٤ ـ ١٢٩ ب): يعيش الإستروبكتن على القاع الرملى حيث يحفر فى الرمل، ولونه مائل للاصفرار. ويتميز بوجود قرص مركزى وخمسة أذرع شعاعية. والجسم مفلطح له سطحان السفلى هو السطح الفمى، أما السطح العلوى فهو اللافمى. وتبرز على سطح الجسم اللافمى أشواك عديدة مدببة مختلفة الحجم والشكل. ويقع الفم على السطح الفمى. وتوجد ميازيب حركية على السطح الفمى للأذرع محاطة بأشواك وملاقط. وتتلاقى الخمسة ميازيب فى ميزاب دائرى ـ الميزاب الفمى الذى يحيط بالفم (انظر لوحة رقم ٤ ـ ١٧ للتركيب الخارجى والداخلى لنجوم البحر).

٣- طائفة الثعبانيات OPHIUROIDEA

وتشمل النجوم الهشة، ونجوم السلة. وهى أكبر طوائف شوكيات الجلد فى عدد الأنواع (حوالى ٢٠٠٠ نوع) وتقطن القاع حتى فى الأعماق السحيقة للبحار. وهى نجمية الشكل والأذرع مميزة بوضوح من القرص المركزى. ويوجد الفم والمصفاة على السطح الفمى. الميازيب الحركية مقفولة ومغطاة بعظيمات . الأقدام الأنبوبية مختزلة وبدون ممصات ولا تُستخدم فى الحركة، ولا توجد ملاقط. وعادة تكون الأذرع عضلية وخالية من السيلوم والقناة الهضمية والمناسل. والمعدة عبارة عن كيس بسيط مزودة بزوائد أعورية، ولا توجد فتحة إست.

أمثلة: أفوكوما *Ophicoma*، أفيورا *Ophiura*، أوفيوفولس *Ophiopholis* (لوحة رقم ٤ ـ ١٧).

ويقطن نجم البحر الثعبانى أفوكوما *Ophicoma* ـ المنطقة المدية الجزرية. ولما كانت أذرع هذا الحيوان تتكسر بسهولة وتنفصل عن الجسم عند القبض عليه لذلك أطلق عليه اسم النجم الهش **brittle star**. والأذرع (وعددها خمسة ونادرا ستة) تكون مستطيلة ونحيفة وتبدو وكأنها معقلة. كما أن الحدود بينها وبين الأذرع والقرص المركزى محدودة وواضحة (شكل ٤ ـ ١٢٩ جـ). والأذرع متحركة تتلوى مثل ذنب الثعبان.



شكل (٤- ١٢٩) *التنوع فى شوكيات الجلد:*

(أ) ريشة البحر. (ب) نجم البحر. (جـ) نجم البحر الهش.

(د) قنفذ البحر. (هـ) خيار البحر.

٤- طائفة القنفذيات ECHINOIDEA

وتشمل قنافذ البحر sea urchins والقنافذ الكعكية cake urchins وبسكويت البحر sea biscuts ودولارات الرمل sand dollars، والقنافذ القلبية heart urchins.

شوكيات جلدية خالية من الأذرع، كروية، أو قرصية أو شبيهة بالقلب. وتتميز بهيكل مصمت حيث تتحد الصفائح الهيكلية لتكون صدفة داخلية أو قشرة. ولا توجد ميازيب حركية. والأقدام الأنبوبية مزودة بممصات، والملاقط موجودة ومتباينة. وتوجد الإست والمصفاة على السطح اللافمي. واليرقة ايكينوبلوتوس echinopluteus.

ورغم أن القنفذيات تخلو من الأذرع، ولكن في تركيبها لها النمط الخماسي للجلد شوكيات متمثلا في المناطق الحركية. وأن أهم تحور لنمط الجسم هو أن السطح الفمي قد اتسع ليصل إلى السطح اللافمي وبذلك تمتد المساحات الحركية حتى إلى المنطقة حول الإست periproct.

وتنتشر القنفذيات في كل البحار من المنطقة المدجزرية حتى أعماق المحيط. ومن الملاحظ أن قنافذ البحر المنتظمة تفضل القاع الصخرى أو الصلب بينما دولارات البحر والقنافذ القلبية تفضل أن تحفر في الرمل.

ومن أمثلة قنافذ البحر: اكينوس ***Echinus***، دايادِيما ***Diadema*** (لوحة رقم ٤ ـ ١٨)، هتيروسنترس ***Heterocentrotus***، وترايبنستس ***Tripneustes***.

وأكينوس ***Echinus*** (شكل ٤ ـ ١٢٩ د) هو قنفذ البحر الشائع الذى يعيش على قعر البحر في الشقوق وعلى الشواطئ الصخرية والجزر المرجانية. وهو كروى الشكل يوجد على قشرته بروزات تتمفصل عليها أشواك متحركة. وفي بعض الأنواع تكون الأشواك طويلة ومجوفة وقد تسبب جروحا لمن يحاول الإمساك به. فمثلا لقنفذ البحر من جنس اثينوسوما فاريم ***Asthenosoma varium*** (لوحة رقم ٤ ـ ١٨) غدد سامة على أشواكه ويُعتبر من الأنواع الخطيرة في البحر الأحمر. حيث يسبب جروحا لصيادى الأسماك. والجدير بالذكر أن قنافذ البحر تستخدم أشواكها في الحركة والحماية.

٥- طائفة الخياريات HOLOTHUROIDEA

ومن أمثلتها خيار البحر بأنواعه. وهي شوكيات جلدية خالية من الأذرع أو الأشواك أو الملاقط. وتشبه الخيار في شكلها فقد استطال الجسم كثيراً. ويقع الفم في الطرف الأمامي والإست في الطرف الخلفي. وتوجد عظيمات مطمورة في الجدران

العضلى السميك، وبذلك تكون تلك الحيوانات لينة الجسم. ولا توجد ميازيب حركية، والأقدام الأنبوبية - إن وجدت - تحتوى على ممصات. وهى إما مرتبة فى صفوف أو تكون متشرة على سطح الجسم بغير انتظام. ويحيط بالفم لوامس حولفمية وهى أقدام أنبوبية متحورة. والصفيحة المصفوية داخلية. ويقع الإست على السطح اللافمى مع وجود زوج من الشجيرات التنفسية التى تفتح فى المجمع. اليرقة أوريكيولاريا **auricularia**.

الأمثلة: هولوثوريا (شكل ٤ - ١٢٩ ب) ***Holothuria***، ثيون ***Thyone***، وسينابتا ***Synapta***، لبتوسينابتا ***Leptosynapta*** وهو نوع خيار شبه شفاف، وسيدوكولكيرس ***Pseudocolochirus*** (لوحة رقم ٤ - ١٧)، كيكوماريا فروندوزا ***Cucumaria frondosa***، سكليروداكتيلا برايورس ***Sclerodactyla briareus***، وباراستيشوبس ***Parastichopus*** (لوحة رقم ٤ - ١٩) وهو جنس لونه بنى محمر يتميز بوجود حلمات كبيرة جدًا.

وخيار البحر الشائع هولوثوريا *Holothuria* من شوكيات الجلد البحرية التى تعيش على قعر البحر عند أعماق مختلفة وغالبا ما يرى ساكنا، ولكنه يتحرك أحيانا على قعر البحر بالحركة الدودية. ويتميز بجسم لين عضلى. وهو عادة يرتكز على القاع بأحد جوانبه الذى يطلق عليه الخف (النعل - **sole**) ويحيط بالفم اللوامس الفمية. ويوجد على الخف عادة ثلاث مناطق حركية بينها منطقتان غير حركيتين (شكل ٤ - ١٢٩د). ولبعض أنواع خيار البحر أقدام أنبوبية على كلا السطحين. ولكن تكون الأقدام الأنبوبية على الخف جيدة التكوين ومزودة بممصات وتُستخدم فى الحركة. وفى جنس هولوثوريا ***Holothuria*** لا توجد الأقدام الأنبوبية على الخف وتكون على هيئة ثنيات أما فى السينابتا ***Synapta*** فهو من الأنواع التى تحفر وتخلو من الأقدام الأنبوبية أما فى جنس ثيون ***Thyone*** تنتشر الأقدام الأنبوبية بغير انتظام على سطح الجسم.

لوحة رقم (٤ـ١)



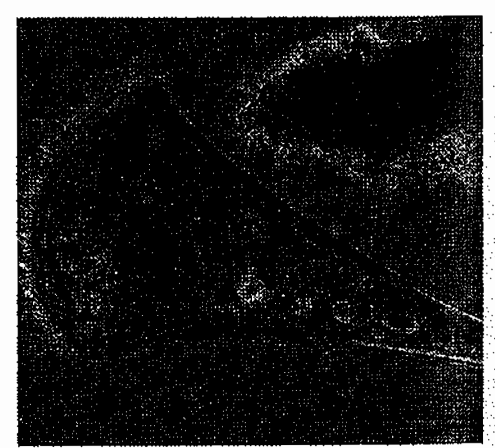
اليوجلينا

أحد أجناس السوطيات النباتية ـ يوجلينا *Euglena* sp.
والتى تحتوى على الكلوروبلاستيدات (ذات تغذية ذاتية)



البراميسيوم

حيوان البراميسيوم *Paramecium* وهو من الهدبيات ذات التغذية الحيوانية



أحد أجناس هدبيات المياه العذبة ستنتور *Stentor* sp. وهو يلتصق بالأشياء المختلفة فى الماء، كما يمكن أن يسبح أيضا

لوحة رقم (٤ـ٢)



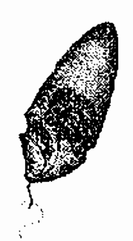
بوليكركس شوارزى
Polykrikos schwarzi
(من ثنائية الأسواط)



بريدنيوم جراناى
Peridinum granii
(من ثنائية الأسواط)



سيراتيوم كانديلابرم
Ceratium candelabrum
(التنوع فى السوطيات النباتية)



جيرودانيم جيلايوكم
Gyrodinium glaucum
(من ثنائية الأسواط)

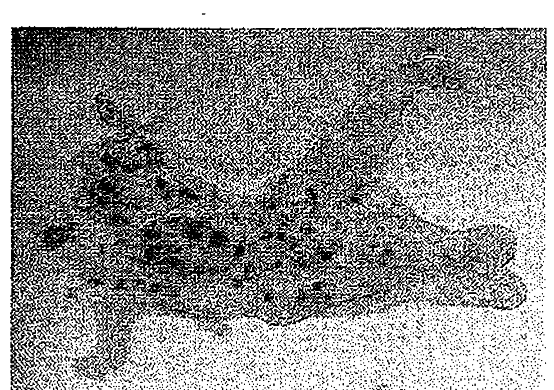


أحد أجناس
الجونيولاكس
Goniaulax sp.



أحد الهدبيات
كولوبودا كوكيولس
Colopda cucullus

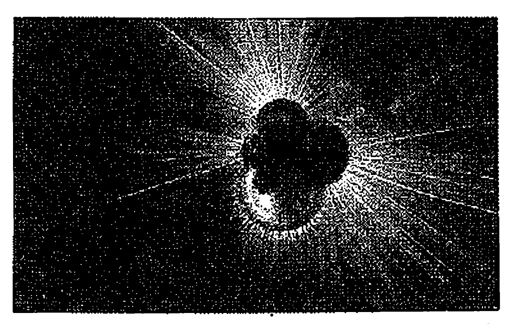
لوحة رقم (٤-٣)



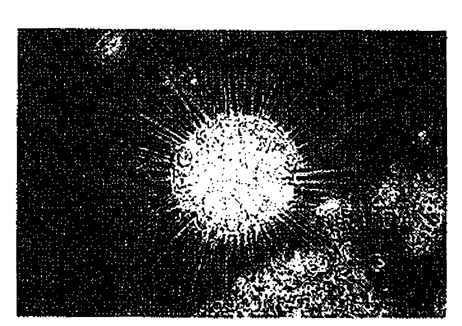
أحد أجناس الأميبات الضخمة شاوس كارولننس *Chaos carolinense* والتي يصل طولها إلى حوالي ٥ مليمتر وتحتوي على أكثر من ألف نواة



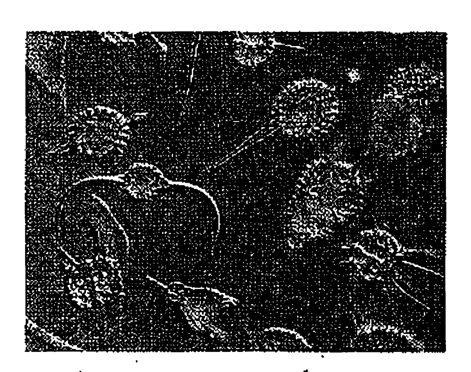
قشرة أحد أجناس الفورمينفرا فراتبالايما ستراتا *Vertebalima striata*



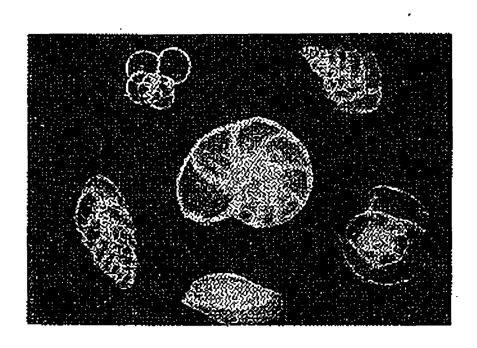
أحد أجناس الفورمينفرا الحية، توضح القديمات الكاذبة الدقيقة المتدة من القشرة



أحد أجناس اللحميات اكتينوسيفريوم *Actinosphaerium* ويتميز بوجود أقدام كاذبة طويلة ومدببة.

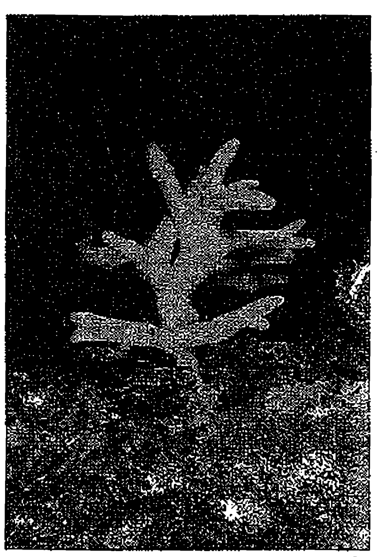


مجموعة من أصداف الراديولاريا السيليكية

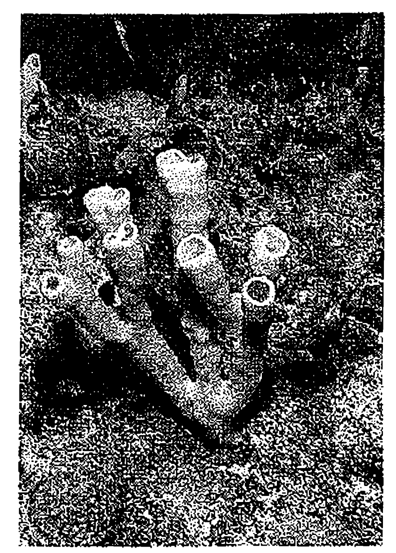


مجموعة من أصداف الفورمينفرا الكلسية

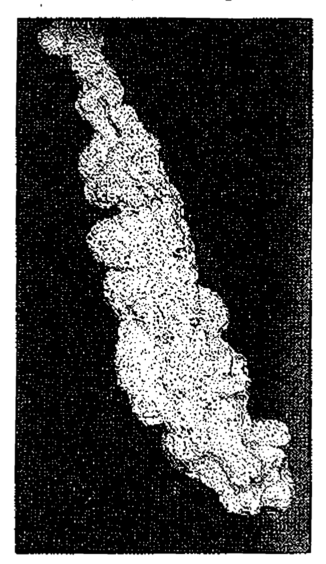
لوحة رقم (٤-٤)



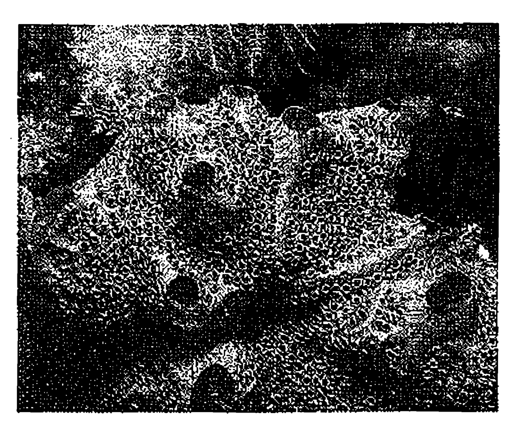
أسفنج النار الرائع (Fire sponge) من البحر الأحمر *Latrunculia corticata* .
لاترانكيوليا كورتيكاتا



أسفنج السيفون من البحر الأحمر
سايفونوكلينا سيفونيلا
Siphonochalina siphonella

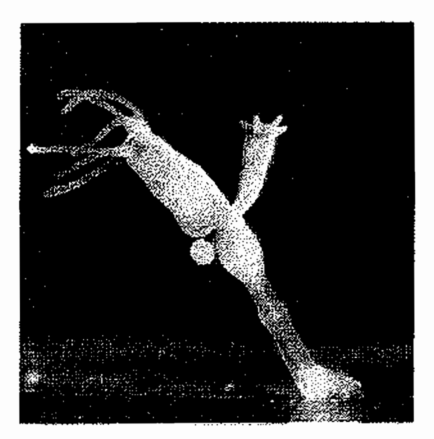


أحد أجناس الأسفنج من البحر الأحمر
جيريللا سياثفورا
Graylla cyathophora

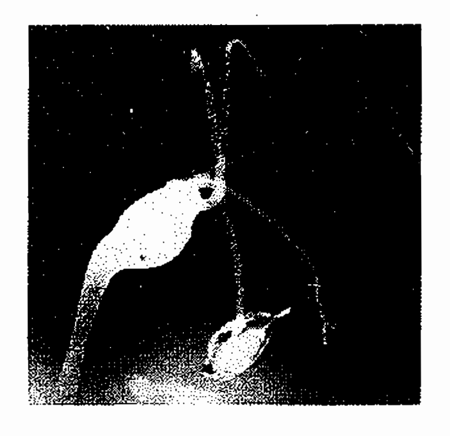


مستعمرة من الأسفنج، حيث تمر جزيئات الطعام والأكسجين إلى التجويف المركزى للأسفنج من خلال الثقوب الكثيرة على سطحه الخارجى، ثم تدفع للخارج من الفويهات.

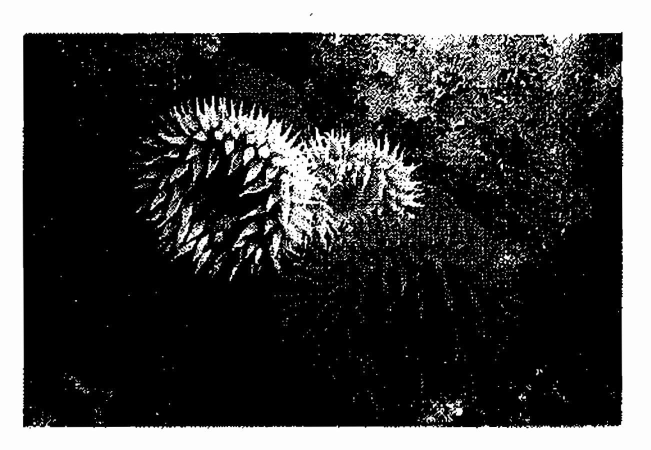
لوحة رقم (٤ـ٥)



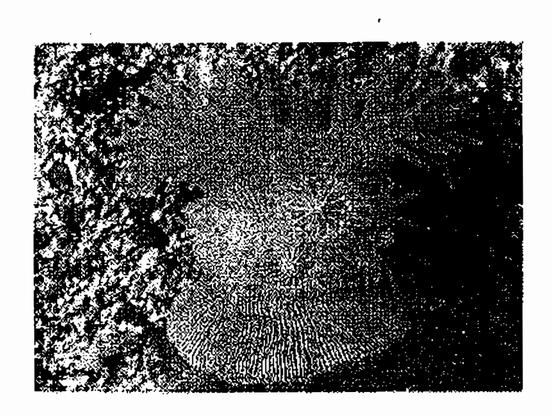
الهدر ـ يوضح أحد البراعم والمبيض



الهدر وهو يفترس أحد براغيث الماء.

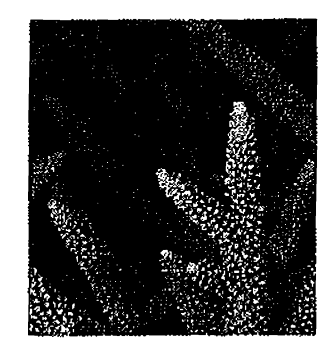


أنيمون البحر الوردى ـ تيليا بسكيفورا
Tealia piscivora

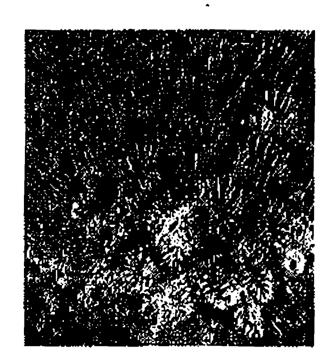


أنيمون البحر من جنس ستفانوج
Stephanauge sp. ويوجد على هيئة
البوليب فقط.

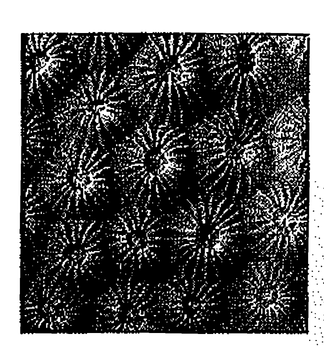
لوحة رقم (٤-٦)



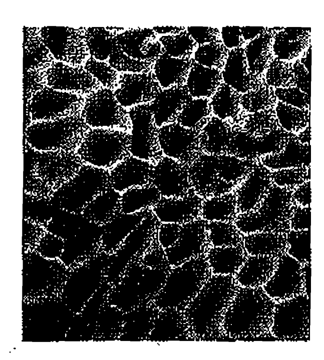
Staghorn *coral* مرجان قرن الوعل
أكروبورا
Acropora sp.



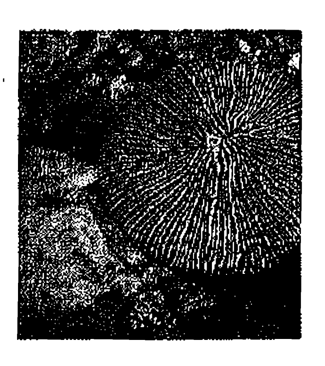
جلاكسيا فاسكيولارس
Galaxea fascicularis



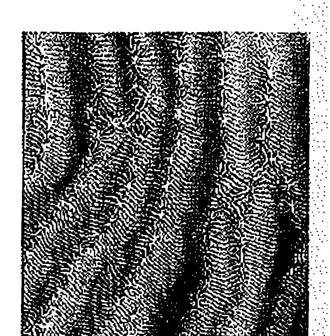
دبلواستريا هيليبورا
Diploastrea heliopora



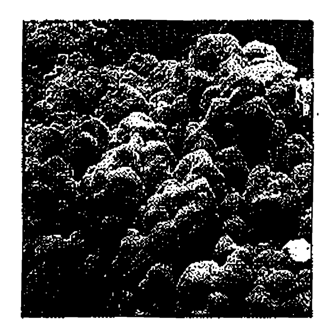
جاردينوروسيرس
Gardineroseris sp.



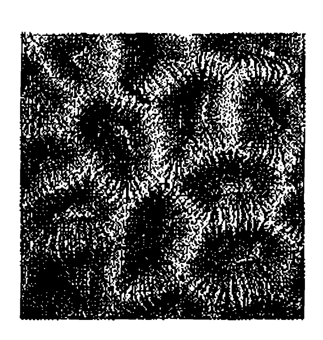
فانجيا
Fungia sp.



باكيسيرس
Pachyseris sp.



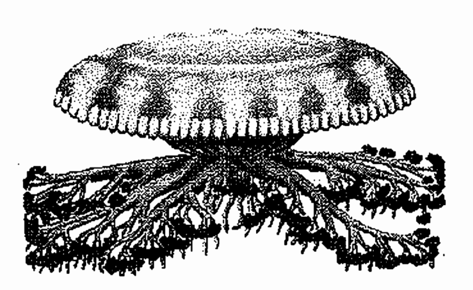
بوريتوس
Porites sp.



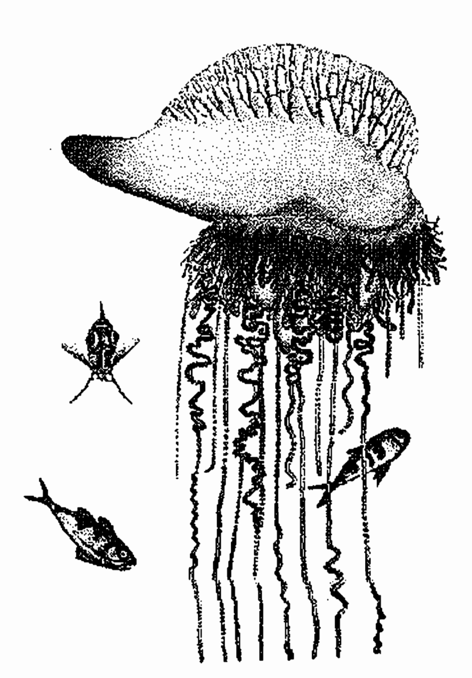
فافيتس
Favites sp.

"بعض أجناس الشعاب المرجانية السداسية اللوامس هكساكولاريا Hexacorallia وهى تعيش أما منفردة مثل الفانجيا أو فى مستعمرات (من البحر الأحمر)"

لوحة رقم (٤ - ٧)

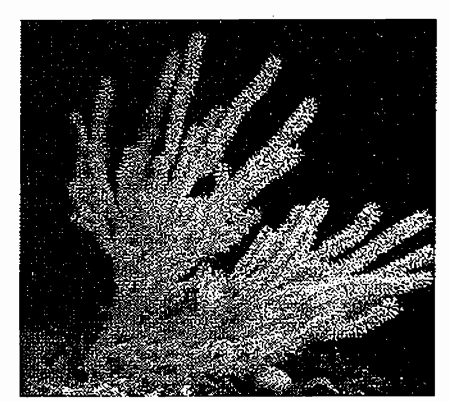


أحد أجناس قناديل البحر
الشاطئية كاسيوبيا أماشينا
Cassiopeia amachana

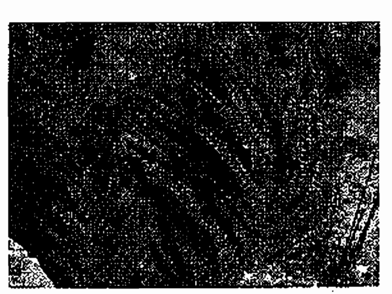


البارجة البرتغالية - فيساليا فيساليا -
Partuguese man- of- war
Physalia physalia
ويعيش معها جنس من السمك *Nomeus*
gronovii معيشة تكافلية

لوحة رقم (٤ - ٨)



الشعب الجرجوني الأحمر لوفوجورجيا كيلنزسس
Lophogorgia chilensis



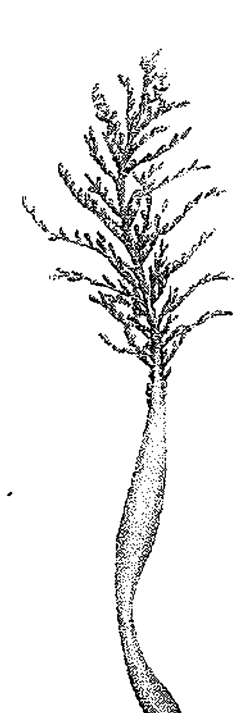
ريشة البحر من جنس سيدوتيرجورجيا
Pseudopterogorgia sp.

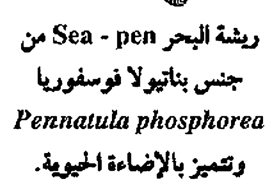


مروحة البحر جورجونيا فنتالانيا
Gorgonia ventalina

"التنوع في المراجين القرنية
وهي الجورجونيات المستعمراتية
"Colonial gorgonians

لوحة رقم (٤-٩)

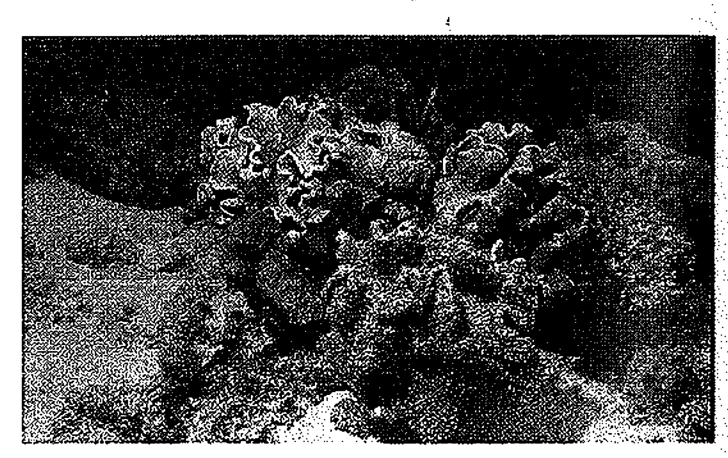




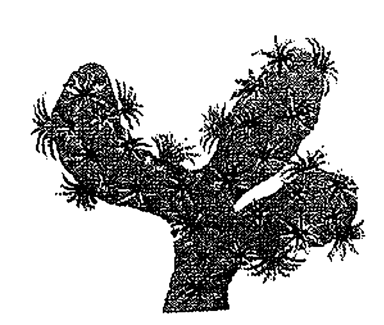
ريشة البحر Sea - pen من
جنس بناتيولا فوسفوريا
Pennatula phosphorea
وتتميز بالإضاءة الحيوية.

أحد أجناس الشعاب اللينة دندرونفيثيا

***Dendronephthya* sp.**



أحد المراجين اللينة ساركوفيتون تروكيلوفوريم
Sarcophyton trocheliphorum



المرجان الأحمر كوريلام نوبيل
Corallium nobile

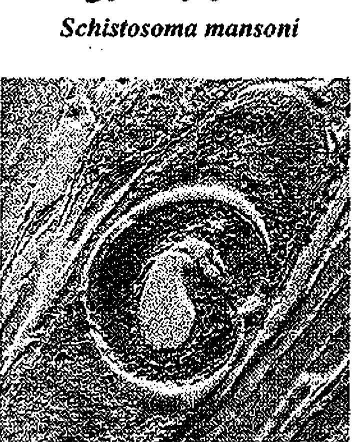
لوحة رقم (٤-١٠)



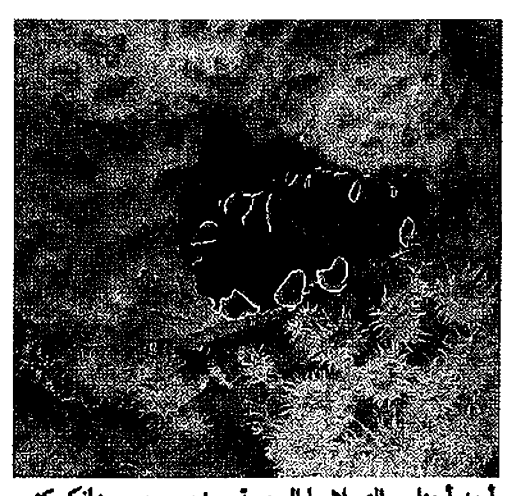
شكل يبين المصين الفمي والبطنى للشستوسوما مانسونى
Schistosoma mansoni



شستوسوما مانسونى
(الذكر يحمل الأنثى)

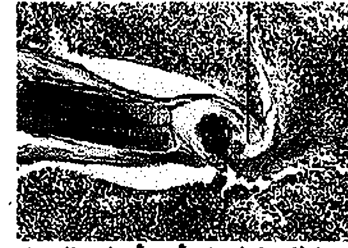


صورة مجهرية لطفيلى ترايكنيلا سبيرلارس وهو متحوصل داخل عضلات الخنزير وهو الطور المعدى

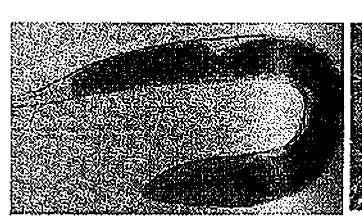


أحد أجناس التربلاريا البحرية سيدوسيروس هانكوكنم
Pseudoceros hancockanum
لاحظ البوليبات البرتقالية اللون من المراجين الحجرية من جنس *Tubastrea aurea*، أما ما يبدو شبيها بالغضروف فهو من الغلاليات المستعمراتية من جنس *Aplidium cratiferum*.

الصفائح

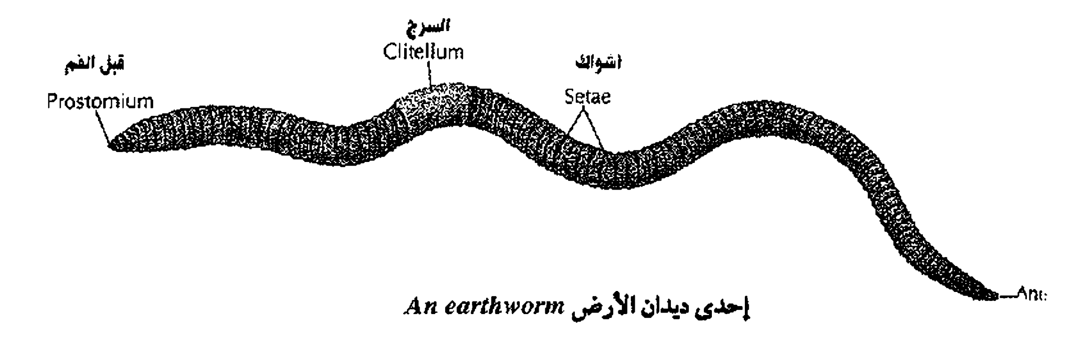


قطاع طولى فى أحد أجناس الديدان الخطافية وهى يتعلق بمخاطية الأمعاء يُلاحظ أن الصفائح القاطعة للفم تقضم جزءاً من الطبقة المخاطية.

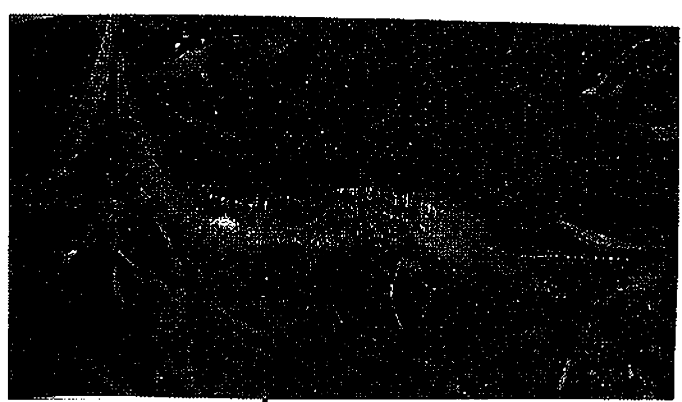


أنثى الدودة الدبوسية من الأمعاء الغليظة للإنسان ويشاهد على اليمين البيض

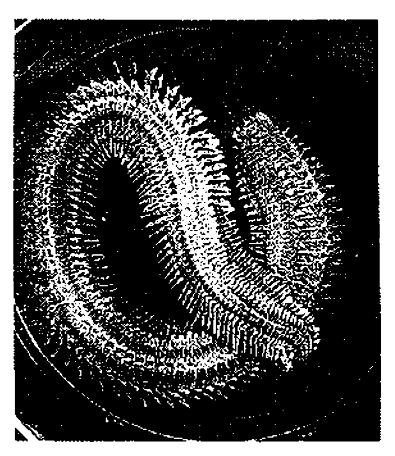
لوحة رقم (٤ـ١١)



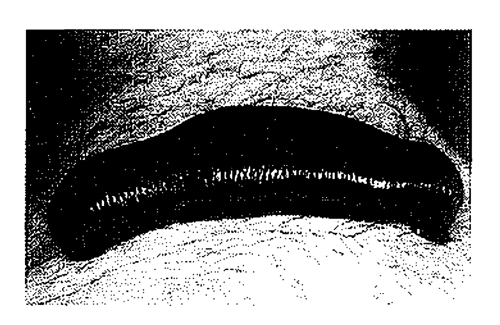
إحدى ديدان الأرض *An earthworm*



شكل يوضح دودتي أرض في وضع التسافد ويلاحظ أن طرفيهما الأمامين في اتجاهين متعاكسين وأن سطحيهما البطنيين ملتصقتين بواسطة حلقات مخاطية يفرزها السرج.

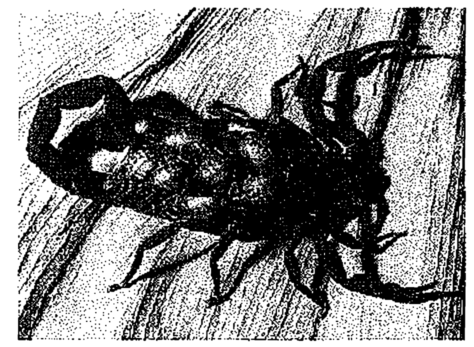


إحدى الحلقيات عديدة الأشواك نيرس دايفيرسيكولار *Nereis diversicolor*

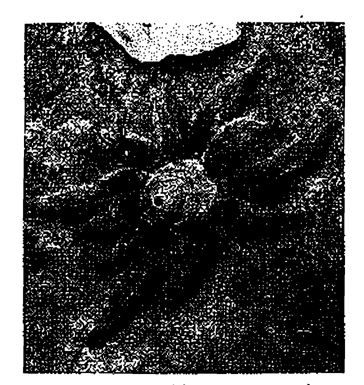


العلق الطبي هيرودو ميديسينالس *Hirudo medicinalis* وهو يتغذى بشفط الدم من ذراع أحد الأشخاص

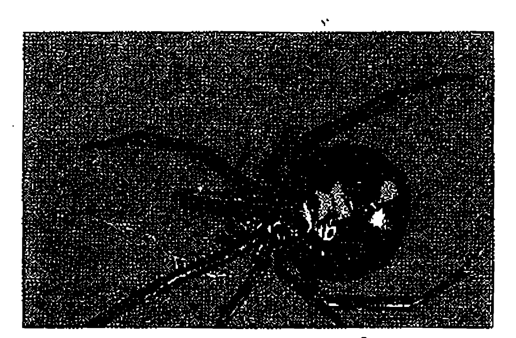
لوحة رقم (٤-١٢)



أحد العقارب ويلاحظ العقارب الصغيرة التي تصاحب أمها حتى الانسلاخ الأول.



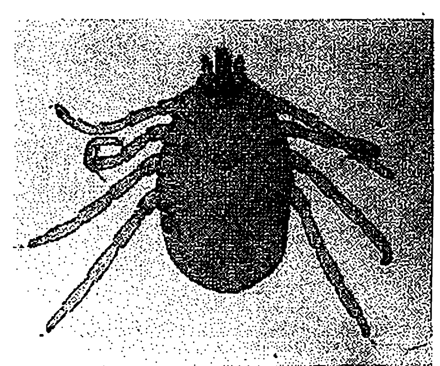
عنكبوت الترانتولا - Tarantula
ريكوستيكا هنتيزى
Rhechostica hentzi



عنكبوت الأرملة السوداء (Black window)
لاتيرودكتس ماكتانز
Latrodectus mactans
معلقة على غزلها - لاحظ اللون الأحمر على السطح البطنى (أحد العناكب السامة)



العنكبوت البنى Brown reculse spider
أحد العناكب السامة لكسوسيلس ركيولازا *Loxosceles reculsa* وسمه يحلل الدم وهو خطير.



أحد أجناس القراد - بوفليس أنيولاتوس
Boophilus annulatus
الذى يحمل الطفيلى المسبب لحمى تكساس للماشية



حلم الجرب (Itch mite)
ساركبتوس سكبياى
Sarcoptes scabiei

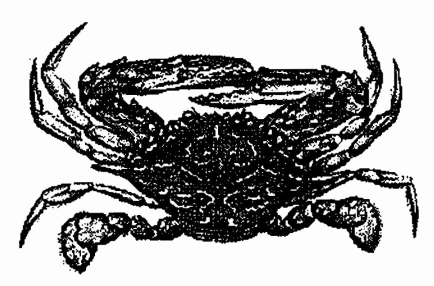
لوحة رقم (٤ـ١٣)



أحد أنواع قشريات المياه العذبة
جمبرى (اربيان) المياه العذبة



أحد أنواع جراد البحر (Northen lobster)
استاكوزا الأطلنطى هوماروس أمريكانس
Homarus americanus



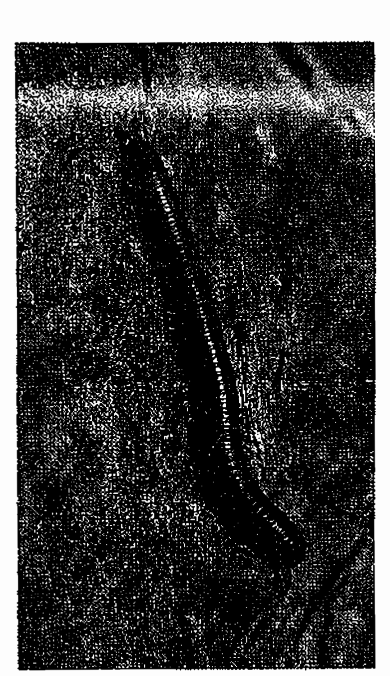
الكابوريا بورتاينوس بلاجيكس
Portunus pelagicus
«نوع شائع فى البحر المتوسط»

التنوع فى القشريات

لوحة رقم (٤ـ١٤)



مثال من كلابيات القرون: أم أربعة وأربعين
Scolopendra sp.
(تحمل كل عقلة من عقل الجسم زوجا من الأرجل
ما عدا العقلة الأولى التى تحمل زوج من مخالب



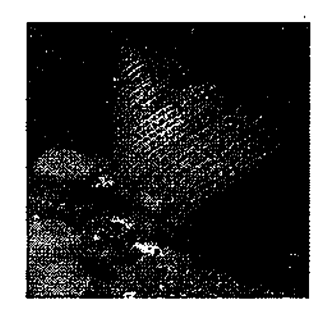
أحد أجناس ذوات الألف رجل ناركس أمريكانوس
Narceus americanus
(لاحظ وجود زوجين من الأرجل فى معظم عقل
الجسم (ماعدا الأربعة الأولى))

"التنوع فى الفكيات الأرضية"
"شعيبة إحادية الشعبة"

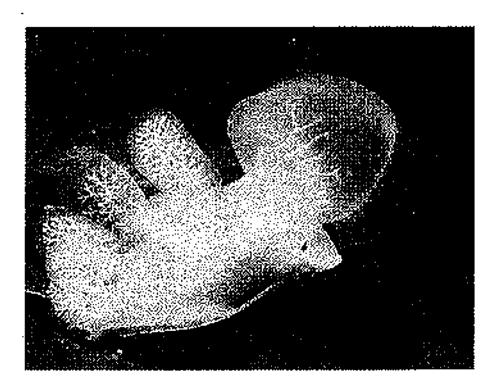
لوحة رقم (٤ـ١٥)



الكيتون من جنس تونيسيللا لينياتا
Tonicella lineata



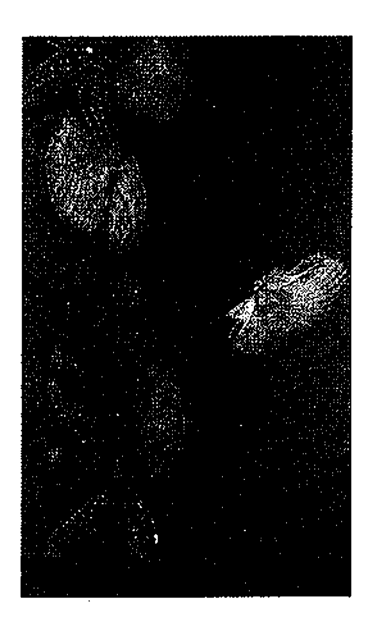
قوقع بحرى من نوع كلاستوما انيولاتا
Calliostoma annulata



أحد عاريات الخياشيم من نوع ميليب ليونيتا
Melibe leonina



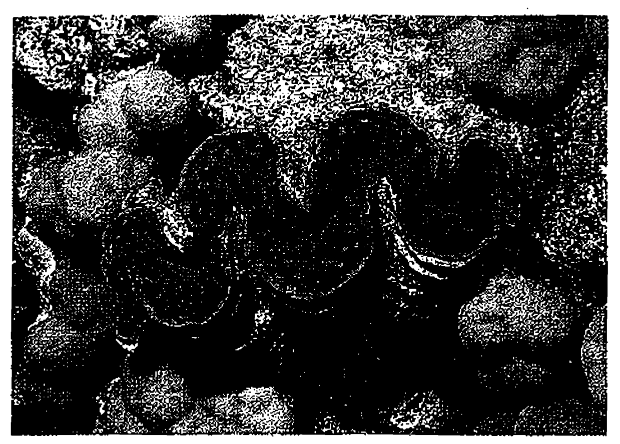
المحار *mussels* من جنس ميتيلس ايديولس
Mytilus edulis



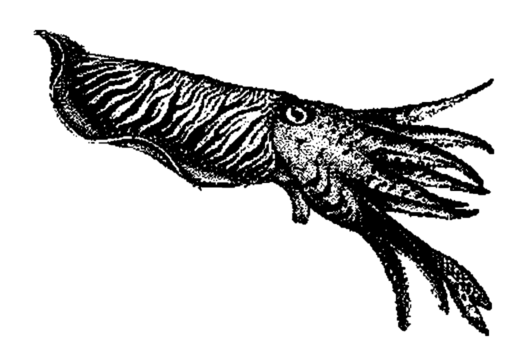
المحار (اسكلوب (Scallop) من جنس كلاميوس اوبركيولارس
(Chlamys opercularis)
(لاحظ أن هذا النوع يهرب من مهاجميه من نجوم البحر بالسباحة بتصفيق مصراعي الصدفه معًا)

"التنوع فى الرخويات"

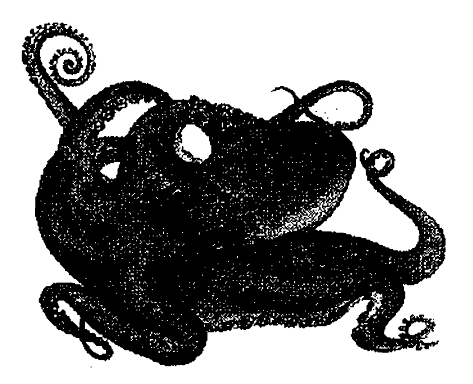
لوحة رقم (٤-١٦)



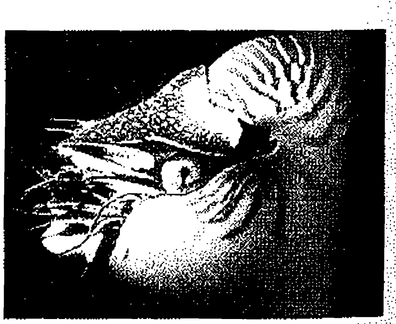
المحار الضخم من نوع ترايداكنا مكسيما *Tridacna maxima*
وينتشر فى البحار الدافئة

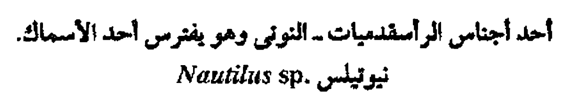


الحبار - سيبا أوفيشينيلس
Sepia officinalis



الأخطبوط من جنس اليدون
Eledone sp.



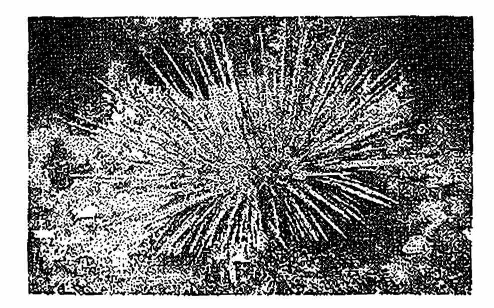


أحد أجناس الرأسقدميات - النوتى وهو يفترس أحد الأسماك.
نيوتيلس *Nautilus* sp.

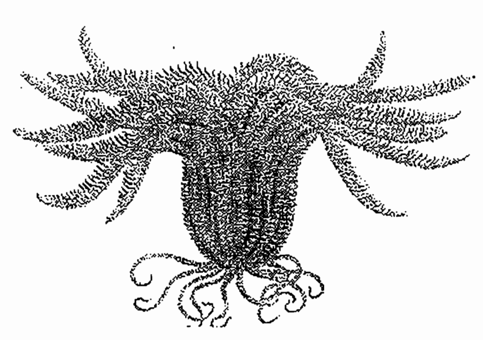
لوحة رقم (٤-١٧)



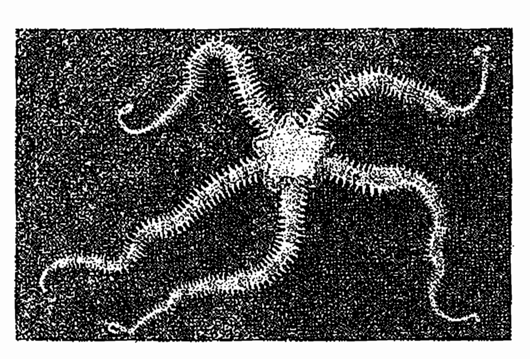
أحد أجناس خيار البحر - سيدوكولكيرس
Pseudocolochirus sp.



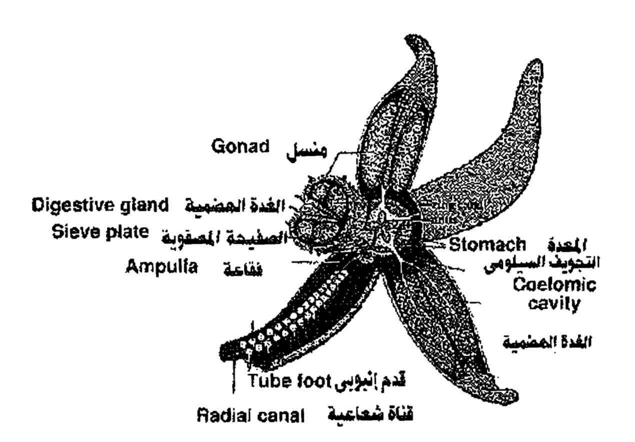
أحد أجناس قنافذ البحر (لاحظ الأشواك المتحركة التي تغطي الجسم)



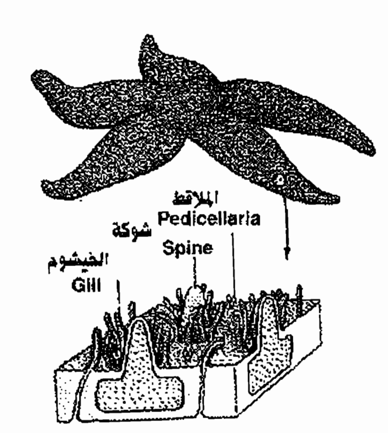
نجم البحر الريشي
انتدون سبنيفرا
Antedon spinifera



نجم البحر الهش - أوفيوفولس اكيولايتا
Ophiopholis aculeata



تشريح إحدى نجوم البحر



تركيب جدار الجسم في نجم البحر:
يتكون الهيكل الداخلي لنجم البحر من صفائح، ويتكون من كربونات الكالسيوم، والكثير منها مزود بأشواك.

التنوع في شوكيات الجلد

لوحة رقم (٤ـ١٨)



نجم البحر المصرى جموفيا ايجيبتياكا

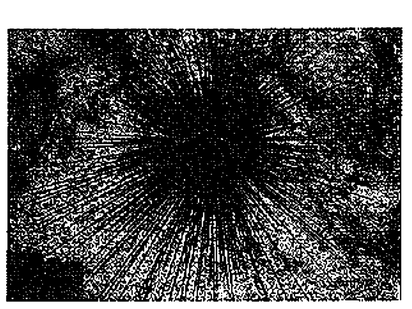
Gomophia egyptica



قنفذ البحر السام (Pin cushion urchin)

اسثينوسوما فاريم *Asthenosoma varium*

ويتميز بوجود بثور بيضاء صغيرة والأشواك مسلحة بأكياس مملوءة بالسم، وهو من أخطر قنافذ البحر في البحر الأحمر.



قنفذ البحر الدياديم (Diadem Urchin)

دايادما سيتيوسيم *(Diadema setosum)*



قنفذ البحر الشائع ـ ترايينيستس جراتيلا

Tripneustes gratilla



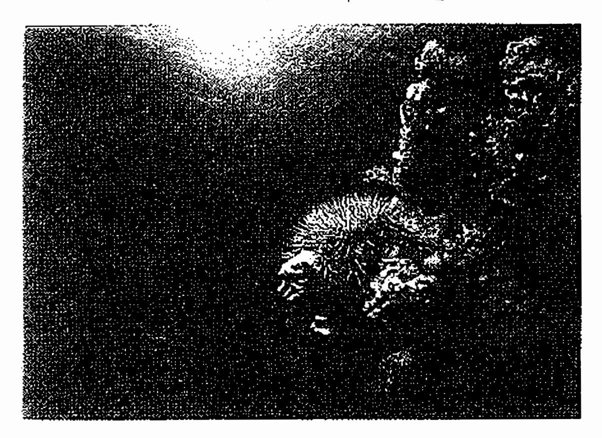
قنفذ أبو المباسم Slate - pencil urchin

هتيروستروتوس ماميلاتوس

(Heterocentrotus mammillatus)

"بعض أجناس قنافذ البحر Sea urchins من البحر الأحمر"

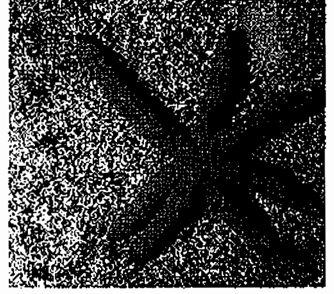
لوحة رقم (٤-١٩)



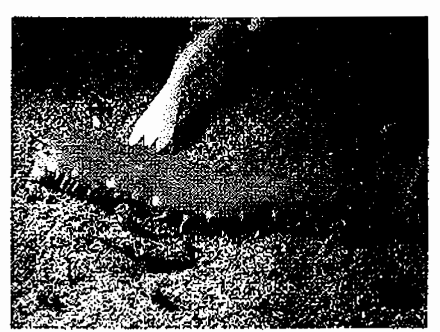
نجم البحر التاجى الشوكى - اكانثاستر بلانسى وهو يفترس إحدى المراجين
Acanthaster planci



نجم البحر التاجى الشوكى - جزء مكبر من الذراع، وهو يفترس المراجين، وتحتوى الأشواك على غدد سامة



نجم البحر الباسيفيكى Pacific sea star
اكانستر لوزونكس *Echinaster luzonicus*
يتكاثر لاجنسيا بانشقاق القرص عرضيا ثم يقوم كل جزء بتجديد الجزء المفقود



خيار البحر الشائع بطول شاطئ الباسيفيكى
باراستيشوبس كاليفورنيكس
Parastichopus californicus



نجم البحر الريشى
Feather star

"التنوع فى شوكيات الجلد"



الباب الخامس

الفقاريات

VERTEBRATES

الفصل الثاني والعشرون : خصائص وتصنيف وتطور الفقاريات

الفصل الثالث والعشرون : الجهاز الهيكلي والجهاز الجلدي

الفصل الرابع والعشرون : الجهاز الهضمي والجهاز التنفسي

الفصل الخامس والعشرون : الجهاز الدوري والجهاز البولي التناسلي

الفصل السادس والعشرون : الجهاز العصبي وأعضاء الحس

الفصل السابع والعشرون : التكاثر والتكوين المبكر للجنين

الفصل الثاني والعشرون

خصائص وتصنيف وتطور الفقاريات

الفقاريات تمثل أرقى الحيوانات، فهي تتميز بوجود جهاز عصبي مركزي في الجهة الظهرية، مكون من الدماغ بالرأس والحبل الشوكي الذي يمتد في الجذع والذيل. ويحيط الجهاز العصبي المركزي جهاز هيكلي محوري، مكون من الجمجمة التي تحمي الدماغ والعمود الفقري الذي يحمي الحبل الشوكي؛ ولذلك عرفت تلك الحيوانات بالجمجميات **Craniata** أو الفقاريات **Vertebrata**.

وتندرج الفقاريات مع حيوانات أخرى أولية بالنسبة لها، تحت مجموعة أو شعبة الحبليات **Phylum Chordata**، لأنها تشترك معها في وجود حبل ظهري **notochord** على الأقل في الأطوار الجنينية، الذي يتكون حوله العمود الفقري في حالة الفقاريات. وعليه فإن الحبليات تنقسم إلى حبليات أولية وفقاريات.

خصائص شعبة الحبليات

تتميز الحبليات بوجود التركيبات الآتية:

١- حبل ظهري على الأقل في الأطوار الجنينية.

٢- حبل عصبي ظهري أنبوبي فوق الحبل الظهري، يتسع الطرف الأمامي منه مكونا الدماغ أو حويصلة مخية.

٣- فتحات خيشومية بلعومية على الأقل في الأطوار الجنينية.

٤- ذيل على الأقل في الأطوار الجنينية.

٥- عضلات مقسمة في الجذع والرأس.

٦- قلب بطني وأوعية دموية ظهرية وبطنية، وجهاز دموي مغلق.

٧- جهاز هضمي كامل.

شعبة الحبليات

PHYLUM CHORDATA

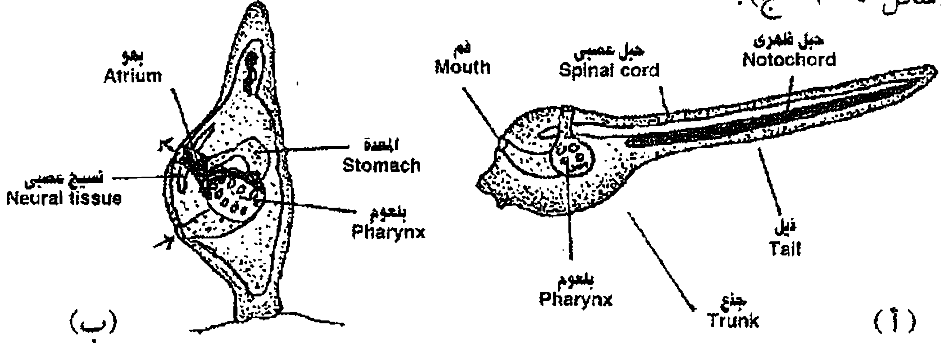
تنقسم الشعبة إلى ثلاث تحت شعب (شعيبات)، هي: الذيلحبليات، والرأسحبليات، والفقاريات.

١- شعيبة الذيلحبليات

SUBPHYLUM UROCHORDATA

هي حبليات أولية، فيها يوجد حبل ظهري في منطقة الذيل باليرقة، ويختفي عند التحور إلى الطور اليافع (شكل٥- ١). وتسمى البزاقات **Tunicates** ومنها الشجاجات **Ascidia**، ولها يرقة سباحة يتكون جسمها من جذع يحتوي على معى لم يتميز بعد، وذيل عضلي له وظيفة حركية لبضع ساعات تعوم فيها اليرقة. يحتوي الذيل على حبل ظهري فوقه حبل عصبي أجوف وعدة عقد عصبية وأعصاب (شكل ٥- ١- أ). يدخل الماء إلى البلعوم عن طريق الفم ويمر على الخياشيم التي تبطن الفتحات البلعومية، ثم يدخل البهو **atrium** ومنه نحو الخارج من خلال فتحة البهو **atriopore**.

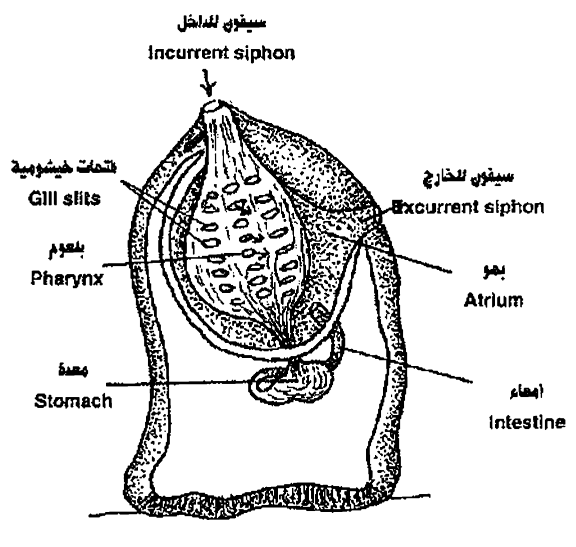
عند التحور إلى الطور اليافع (شكل ٥- ١- ب) يختفي الحبل الظهري، والجهاز العصبي يغير شكله وموضعه، ويعاد ترتيب المعى، فيصبح الفم سيفونا داخليا تنفسيا **enhalent siphon**، وفتحة البهو سيفونا خارجيا تنفسيا **exhalent siphon**. جزئيات الطعام ترشح من تيار الماء الداخل، تلتصق مع بعضها بواسطة مخاط تفرزه غدد مخاطية في قاع البلعوم؛ وتدفع جزئيات الطعام بواسطة أهداب بالمرئ نحو المعدة، والماء يمر على الخياشيم ثم يتجه نحو البهو؛ ولذلك يعتبر الحيوان آكلا بالترشيح **filter feeder** (شكل ٥- ١- ج).



شكل (٥-١) *التطور في الأسيديا*

أ - اليرقة Larva : سابحة ولها ذيل.

ب- بدء اختفاء الذيل والحبل الظهري واليرقة راقدة **sessile**.



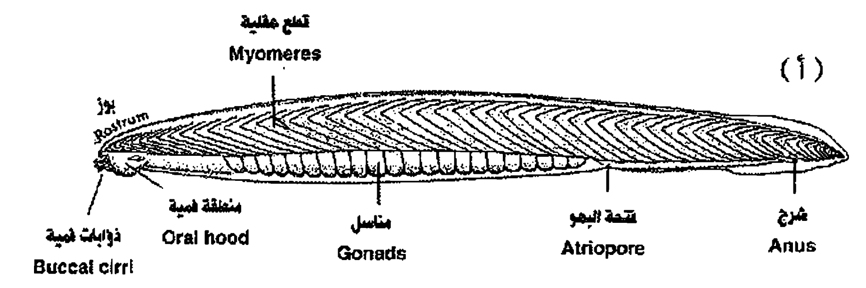
(جـ)
تابع **شكل (٥-١)** *التطور في الأسيديا*
جـ- طور يافع راقد.

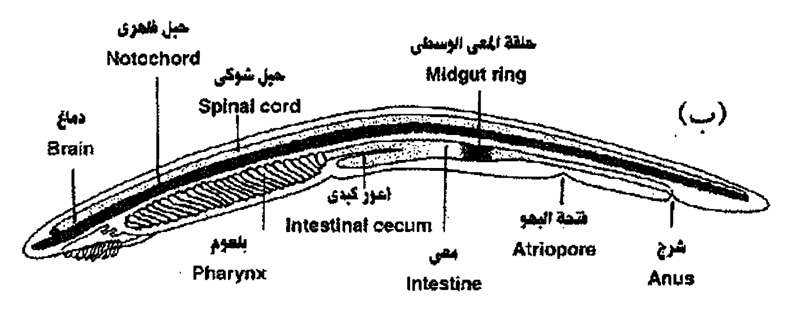
٢- شعيبة الرأسحبليات
SUBPHYLUM CEPHALOCHORDATA

حبليات أولية، يمتد فيها الحبل الظهرى حتى المنطقة الأمامية (البوز)، وخلفا نحو آخر الذيل. ويستمر الحبل الظهرى طوال حياة الحيوان.

المثال: السهيم ***Amphioxus (Branchiostoma)***، وهو حيوان بحرى شبه شفاف يتراوح طوله ما بين ٥- ٧ سنتيمترات، ويعيش فى قيعان السواحل الرملية. الجسم مفلطح جانبيا، والسطح السفلى لمنطقة البلعوم مفلطح. ويمتد الحبل الظهرى بطول الجسم، وفوقه أنبوبة عصبية **neural tube** تمتد حتى خلف البوز، أى أنها أقصر من الحبل الظهرى (شكل ٥- ٢، ٣). تنتفخ تلك الأنبوبة أماما مكونة حوصلة الدماغ **brain sac**، وتمتد الأنبوبة فى الجذع ثم خلفا حتى نهاية الذيل. الفم يفتح فى برقع رأسى **vertical velum**، يمتد الجلد أمامه مكونا الدهليز **vestibule** الذى يفتح نحو الخارج بقمع فمى **oral funnel** تحيطه لوامس حسية **sensory tentacles**. الفم يؤدى إلى البلعوم **pharynx**، الذى تفتح فى جانبيه فتحات خيشومية أولية وثانوية مائلة، يخرج منها الماء الذى يندفع من الفم ويمر فوق الخياشيم. تتجمع حبيبات الطعام الصغيرة مع بعضها بواسطة مخاط **mucus** تفرزه غدد مخاطية **mucous glands** فى قاع

البلعوم. تندفع حبيبات الطعام نحو سقف البلعوم على امتداد الحواجز الخيشومية **gill bars** عن طريق أهداب، ثم خلفا نحو المرىء ثم المعدة ثم المعى، وكلها على هيئة أنبوبة مستقيمة (شكل ٥- ٢- ب)، يتم الهضم فى الأمعاء. أما الماء الخارج من الفتحات الخيشومية فيدخل فى تجويف البهو **atrium** حول البلعوم ثم نحو الخارج من فتحة البهو **atriopore**.

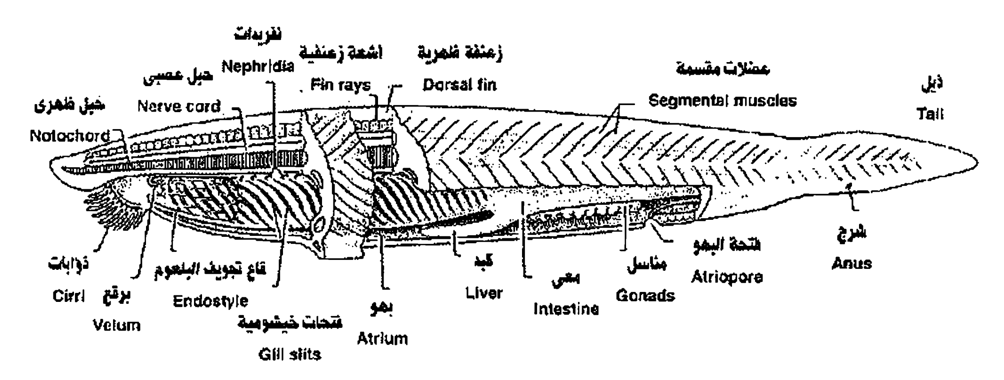




شكل (٥-٢) منظر جانبى للسهيم

أ - حيوان يافع بالغ.

ب- طور يرقى يوضح التركيب الداخلى.



شكل (٥-٣) منظر جانبى للسهيم اليافع - تم تشريح جزء من الجدار لتوضيح الأجزاء الداخلية

توجد تفريدات عديدة مزدوجة تمثل أعـضاء الإخراج على جانبى سقف البلعوم. كمـا توجد عـدة أزواج من المناسل على جانبى الـبلعوم (شكل ٥- ٢- أ) تخـرج مواد الإخراج مع الأمشـاج الذكرية أو الأنثوية **male or female gametes** نحو البهو فى الماء القادم من الفتحات الخيشومية ثم نحو الخارج من فتحة البهو.

لا توجد زعانف مـزدوجة ولكن منفردة، وهى زعنفة ظهرية على امـتداد الجسم ظهريا، وزعنفة ذيليه تحيط بالذيل وبطنية أمامها فى منطقة المعى.

عضلات الجـسم مقسمـة وهى على شكل حرف «**V**» قمته نحـو الأمام، تسمى قطع عـضليـة **myotomes** (شكل ٥- ٣)، تفـصلهـا حـواجـز من نـسـيج ضـام **myosepta**.

٣- شعيبة الفقاريات
SUBPHYLUM VERTEBRATA

تعتبر حبليات راقية، فيـها يوجد الحبل الظهرى فى الأطوار الجنينية، ويحل محله عمـود فقـرى عند النمو إلى الطور اليـافع. وفى بعض الفـقاريات الأولية يظـل الحبل الظهـرى مدعـما الطور اليـافع وتحيط به أجـزاء فقـرية **vertebral elements** لا تمثل فقرات حقيقية.

خصائص الفقاريات Characteristics of vertebrates

بالإضـافة إلى وجود حـبل ظهرى جـنينى يستـبدل عـادة بعمـود فقرى يجـعل الفقاريات تشترك مع بقية الحبليات فى هذه الخاصية، وبالإضافة إلى وجود أنبوبة عصبية ظهرية، فإن الفقاريات تتميز بخـصائص أخرى تجعلها ترقى على الحبليات الأولية وعلى اللافقاريات، تلك الخصائص هى:

١- ينقسم الجسم إلى رأس وجذع وذيل.

٢- وجود جهاز عصبى متخصص ممثلا فى الدماغ بالرأس والحبل الشوكى بالجذع والذيل.

٣- وجود أعضاء حس مزدوجة متخصصة فى منطقة الرأس.

٤- وجود ١٠ أو ١٢ زوجا من الأعصاب المخية، بخلاف زوج أمامى يوجد فى بعضها.

٥- وجود عـمود فـقرى **vertebral column** بالجهـة الظهرية يحـيط بالحبل الشوكى وجمجمة بالرأس تحيط بالدماغ.

٦- وجود قلب مقسم إلى حجرات لضخ الدم إلى أجـزاء الجسم ويستقبله منها، في جهاز دموى مغلق.

٧- الجهاز الإخراجى عبارة عن زوج عادة من الكلى تفتح نحو الخارج فى قنوات بولية **urinary ducts**.

٨- الجهاز التناسلى عـبارة عن زوج عادة من المبايض **ovaries** فى الأنثى وزوج من الخصى **testes** فى الذكر.

أصل ونشأة الفقاريات Origin of Vertebrates

يبدو أن الفقاريات نشأت من جدود من الحـبليات الأولية، أو أن الحبليات الأولية والفقاريات نشأتا من مصدر واحد مجهول، ظهرت منه الحبليات الأولية والفقاريات.

وقد اتفق البيولوچيـون حاليا على أن الحبليات إما أنها نشـأت من شوكيات الجلد **Echinodermata** من اللافقاريات، أو أن هناك مصدرا واحدا نشأ منه شوكيات الجلد والحبليات. وقد اعتمد البيولوچيون فى هذا الرأى على عدة حقائق منها:

١- التشابه الـكبير فى الشكل بين يرقة شـوكيات الجلد ويرقة الحبـليات الأولية، لدرجة يصعب معها التفرقة بينهما تحت المجهر.

٢- التشابه فى تكوين الميزودرم فى أجنة شوكيات الجلد والحبليات.

٣- بعض نقاط تشابه فى بيوكيميائية شوكيات الجلد والحبليات الأولية.

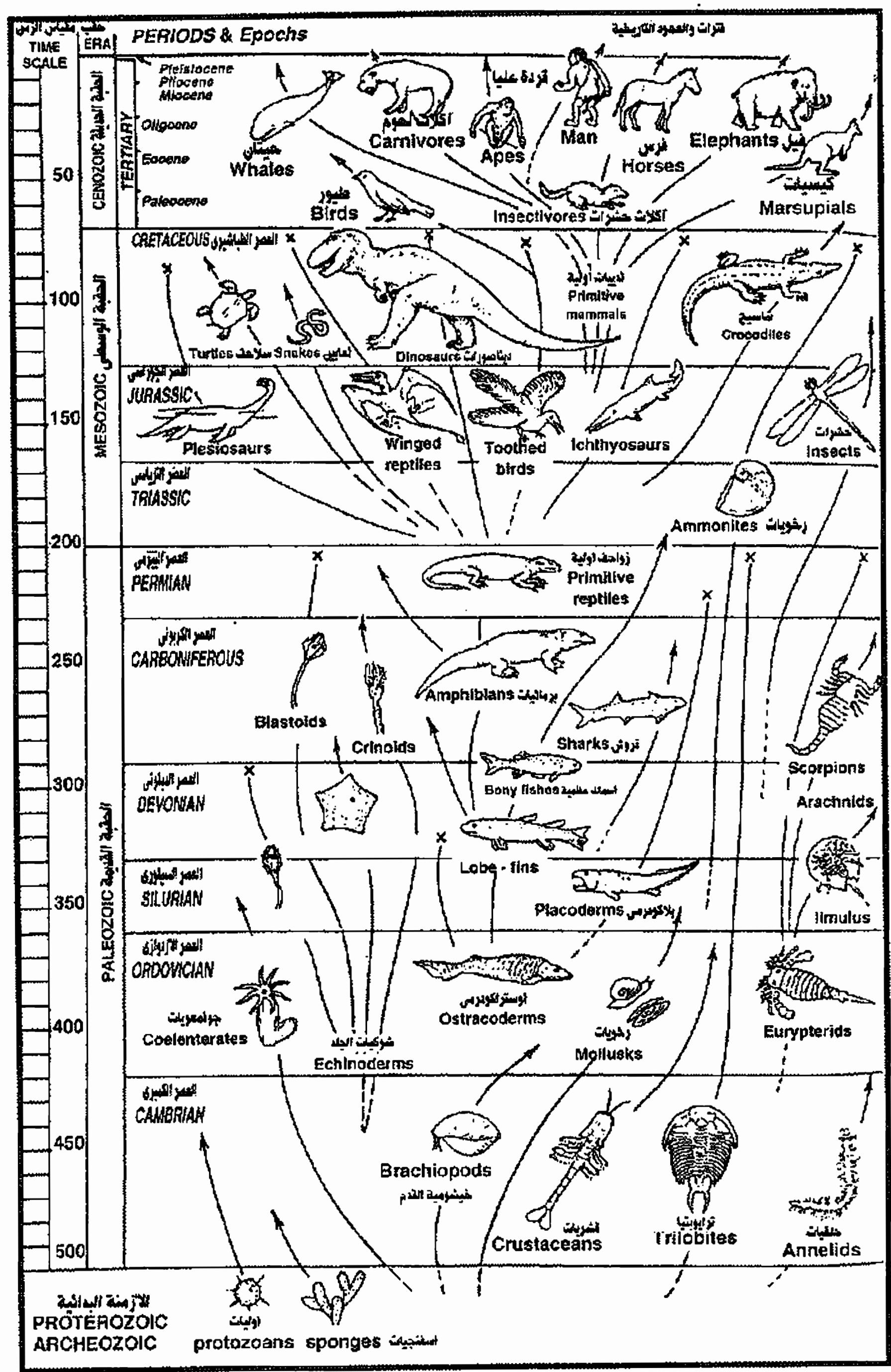
وقد اتفق العلماء على نشـأة الفقاريات الأولية فى العصـر الإردوازى وهو العصر الثانى من الحـقب القديم. فقـد قسم الجيولوچيـون الأزمنة السالفة إلى ثلاث أحـقاب **Eras** جيـولوجيـة، وكل حقبـة إلى عدة عـصور **Periods**. ورتب علماء الحـفريات الحيوانات المختلفة على تلك العصور.

الأزمنة الجيولوجية القديمة Ancient Geological Times (شكل ٥- ٤)

قسمت الأزمنة الجيولوچية إلى ثـلاث أحقاب تبدأ من حوالى ٥٠٠ مليون سنة، تلك الأحقاب هى:

١- الحقبة القديمة Paleozoic Era

وتمتد حـوالى ٣٠٠ مليون سـنة وتنقسم إلى العـصور الكمـبرى **Cambrian**، والإردوازي **Ordovician**، والسـيـلورى **Silurian**، والديفـونى **Devonian**،



شكل (٥-٤) رسم تخطيطي يوضح تطور الحيوانات
خلال الأزمنة الجيولوجية السحيقة

والكربونى **Carboniferous**، ثم البرمينى **Permian**. والأزمنة قبل العصر الكمبرى تعرف بالأزمنة قبل الكمبرى، ويطلق عليها البعض حقبة ما قبل الكمبرى **Precambrian Era**. وفيها ظهرت الجوفمعويات واللافقاريات الأولية. أما العصر الكمبرى فظهر فيه العديد من حفريات الرخويات ومعظم اللافقاريات الأخرى، فهو أطول عصور الحقبة القديمة إذ إنه يمتد حوالى ١٠٠ مليون سنة.

٢- الحقبة الوسطى Mesozoic era

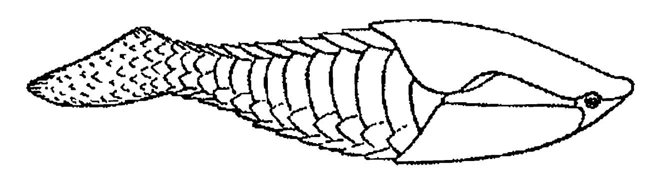
وتمتد حوالى ١٥٠ مليون سنة. وتنقسم إلى عصور الترياسى (الثلاثى) **Triassic** والجوراسى **Jurassic** والطباشيرى **Cretaceous**.

٣- الحقبة الحديثة Cenozoic era،

منذ حوالى ٥٠ مليون سنة حتى يومنا هذا.

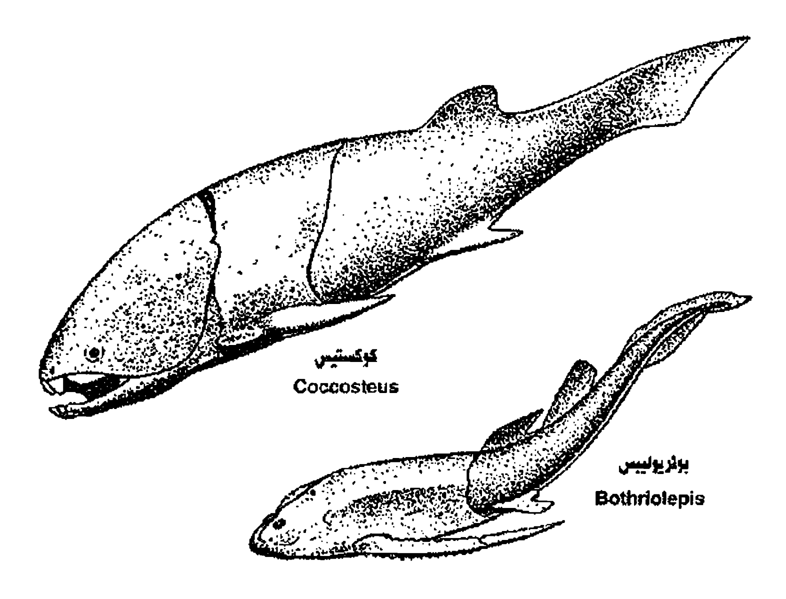
تاريخ تطور الفقاريات History of vertebrate evolution

١- كما ذكر من قبل، بدأ ظهور الفقاريات الأولية فى العصر الإردوازي وتسمى مدرعة الجلد «استراكودرمى» **Ostracodermi** (شكل ٥- ٥)، وكانت فقاريات عديمة الفكوك وهيكلها غضروفيا، وتتميز بوجود صفائح عظمية على جسمها؛ ولذلك فإن ظهور العظم يعتبر صفة أولية، ثم اختفى فى الأسماك الغضروفية، وظهوره فى الأسماك العظمية لا يعتبر خاصية تطورية، ولكنه ظهور لخاصية أولية كانت موجودة من الجدود الأولية. وكانت الأستراكودرمى حيوانات بطيئة الحركة، تعيش على بقايا المواد العضوية بالبحار.



شكل (٥-٥) *أوستراكودرما*
Ostracordermi

٢- فى العصر السيلورى، بدأ ظهور أولى الفكيات وهى حيوانات مصفحة الجلد أيضا تسمى بلاكودرمى **Placodermi** (شكل ٥- ٦). ويعتبر ظهور الفكوك بين الفقاريات من أهم أوجه التطور بينها. والبلاكودرمى تشبه الأستراكودرمى فى وجود صفائح عظمية أيضا على جسمها؛ ولذلك فهى حيوانات بطيئة كانت تتغذى على اللافقاريات الصغيرة بالقاع وهيكلها غضروفى أيضا باستثناء الصفائح العظمية.



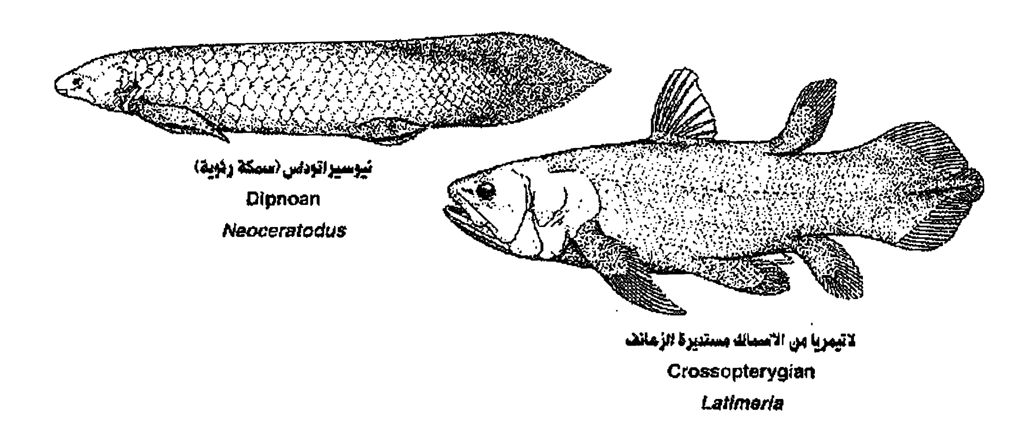
شكل (٥-٦) *نوعان من بلاكودرمى من العصر الديڤونى*

والأستراكودرمى والبلاكودرمى كلها حيوانات بحرية؛ ولذلك فإن جدود الفقاريات كلها تعتبر بحرية النشأة.

٣- فى العصر الديڤونى نشأت الأسماك الغضروفية من البلاكودرمى، ممثلة أساسا فى القروش، وهى أسماك قديمة مفترسة آكلة لحوم، وظهرت منها أنواع ضخمة تجوب البحار والمحيطات حتى يومنا هذا.

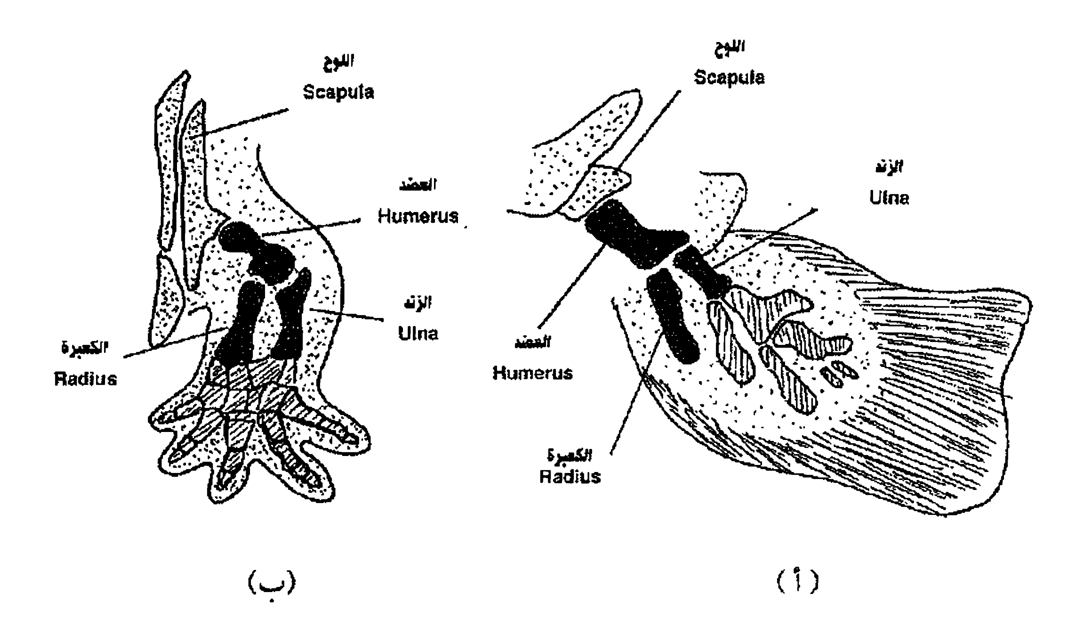
٤- فى العصر الديڤونى أيضا، هاجرت أنواع من البلاكودرمى إلى الأنهار، حيث تأقلمت للمعيشة فى المياه العذبة، ونشأت منها الأسماك العظمية، بقى بعضها فى الأنهار، وهاجر بعضها عائدا إلى الموطن الأصلى بالبحار، حيث ظهرت منها أنواع كبرت وتوحشت، وعاشت منافسة للقروش.

٥- تميز العصر الديفونى بأحوال مناخية غير مستقرة، فتكونت أزمنة حدث فيها جفاف **drought** في الأنهار تبادلت مع أزمنة فيضان **flood**. في أزمنة الجفاف، كانت تموت أعداد كبيرة من الأسماك العظمية. وعلى ذلك ظهرت أنواع تميزت بوجود فتحات منخار داخلية (كؤانا **choana**)، يدخل منها الهواء الجوى إلى التجويف الفمى نحو رئات جديدة. تلك هى الأسماك الرئوية التى اندثرت وبقى منها ثلاثة أجناس (شكل ٥- ٧) تعيش الآن حول خط الاستواء فى أفريقيا وأستراليا وأمريكا الجنوبية، كما ظهرت أنواع من الأسماك، تكونت فيها زعانف لحمية بدلا من الغشائية، تمكن السمكة من التحرك على اليابسة بحثا عن منطقة قد يكون فيها مياه فى أوقات الجفاف، سميت تلك الأنواع بالأسماك مستديرة الزعانف الفصية كروسو بيتريجياى **Crossopterygii**



شكل (٥-٧) *نوعان من الأسماك اللحمية (الأسماك فصية الزعانف):*
سمكة رئوية حديثة، وسمكة اللاتيميريا (الأحفورة الحية)
من الأسماك مستديرة الزعانف

تمييزا لها من الأسماك غشائية الزعانف ذات الأشعة الزعنفية (شعاعية الزعانف) **Actinopterygii** وظلت تلك الأنواع يعتقد أنها كلها مندثرة **extinct** حتى عام ١٩٣٩ حين اكتشفت منها أنواع تعيش فى المحيط الهندى بالقرب من السواحل الجنوبية الشرقية لأفريقيا، سميت لاتيميريا ***Latimeria*** (أى الأحفورة الحية **Living fossil**). تمثل الكروسو بتيريجياى جدود رباعيات القدم **Tetrapoda**، حيث تشبهها فى هيكل الزعانف اللحمية التى تضاهى عظام الطرف خماسى الأصابع **Pentadactyle limb** فى حالة رباعيات القدم (شكل ٥- ٨) بالإضافة إلى تشابه فى بعض عظام الجمجمة.



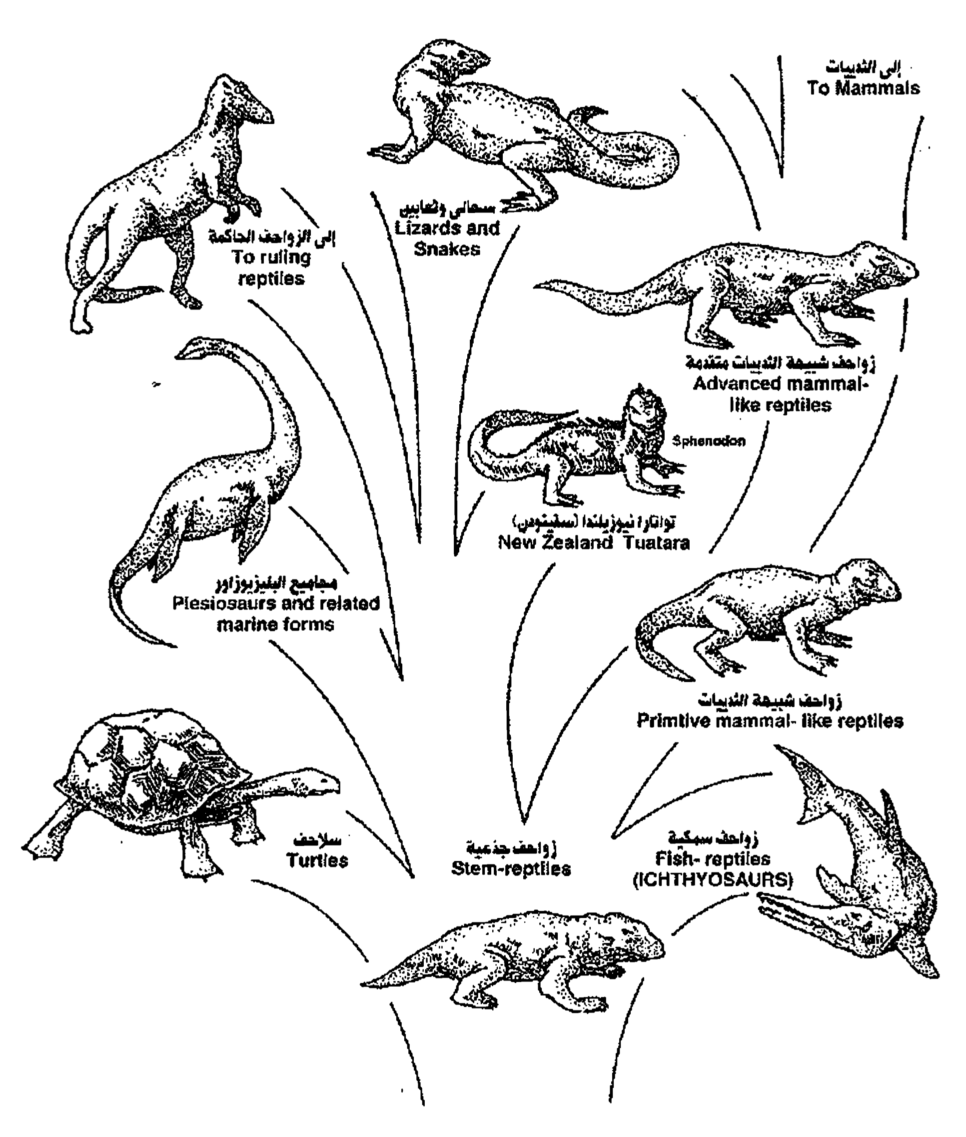
شكل (٥-٨) *رسم تخطيطي يوضح تطور الطرف في رباعيات القدم؛ حيث التشابه في الهيكل الداخلي للطرف الأمامي:*
(أ) الزعنفة الصدرية في الأسماك الفصية مستديرة الزعانف: **Crossopterygii** من العصر الديڤوني.
(ب) الطرف الأمامي الأيسر لرباعيات القدم الأولية (التيه سنية **Labyrinthodont**).

وعلى ذلك فإن العصر الديڤوني يُعرف بعصر الأسماك، حيث إن الأنواع المختلفة منها - غضروفية وعظمية- ظهرت وتنوعت وتشعبت في هذا العصر الطويل نسبيا.

٦- في العصر الكربوني، ظهرت البرمائيات من الكروسو بتيريجياى، التي نشأت في أواخر العصر الديڤوني. كما ظهرت أواخر الكربوني الزواحف ممثلة في الزواحف الجذعية **stem-reptiles**.

٧- في العصر البرمي بدأ ظهور جدود الرتب المختلفة من الزواحف (زواحف أولية).

٨- في الحقبة الوسطى بدأ التنوع في الظهور بين الزواحف، فظهرت مختلف الرتب ممثلة في السلاحف والسحالي والثعابين، والتماسيح التي ظهرت مع جدود الطيور في جذع تطوري واحد في العصر الچوراسي (شكل ٥- ٩).



شكل (٥-٩) *التاريخ التطورى لمجاميع الزواحف الرئيسية*

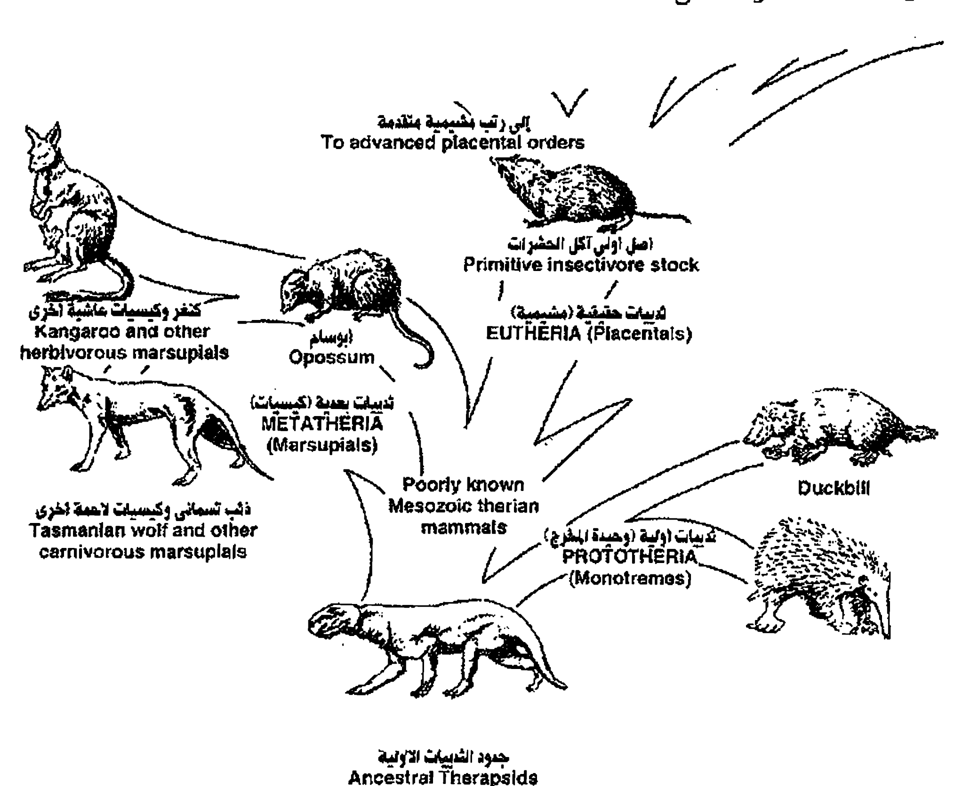
٩- فى العصر الترياسي والچوراسي، ظهرت الديناصورات، وهى زواحف ضخمة سادت الكرة الأرضية طوال الحقبة الوسطى؛ ولذلك سميت الزواحف الحاكمة **Ruling Reptiles** منها أنواع لاحمة وأنواع تأكل العشب. وتميزت بضخامة أجسامها، رغم أن أنواعا منها كانت صغيرة الحجم.

ولذلك فإن الحقبة الوسطى سُميّت زمن الزواحف.

١٠- ظهرت الطيور فى العـصر الجوراسى مع التماسيح من جـدود واحدة كما ذكر من قبل تسـمى ثيكودونتيا **Thecodontia** أى ذات الأسنان الثابتة، كـما ظهرت جدود الثدييات فى العصر الترياسى والجـوراسى من أصل زواحفى كان يشبه الثدييات، سميت تلك الأنواع زواحف شـبيهة الثدييات (ثيـرابسيدا) **Mammal-like reptiles- Therapsida**، حيث تقاربت الأرجل ورفعت الجسم عن الأرض لتـساعد الحيوان على الحركة والسرعة.

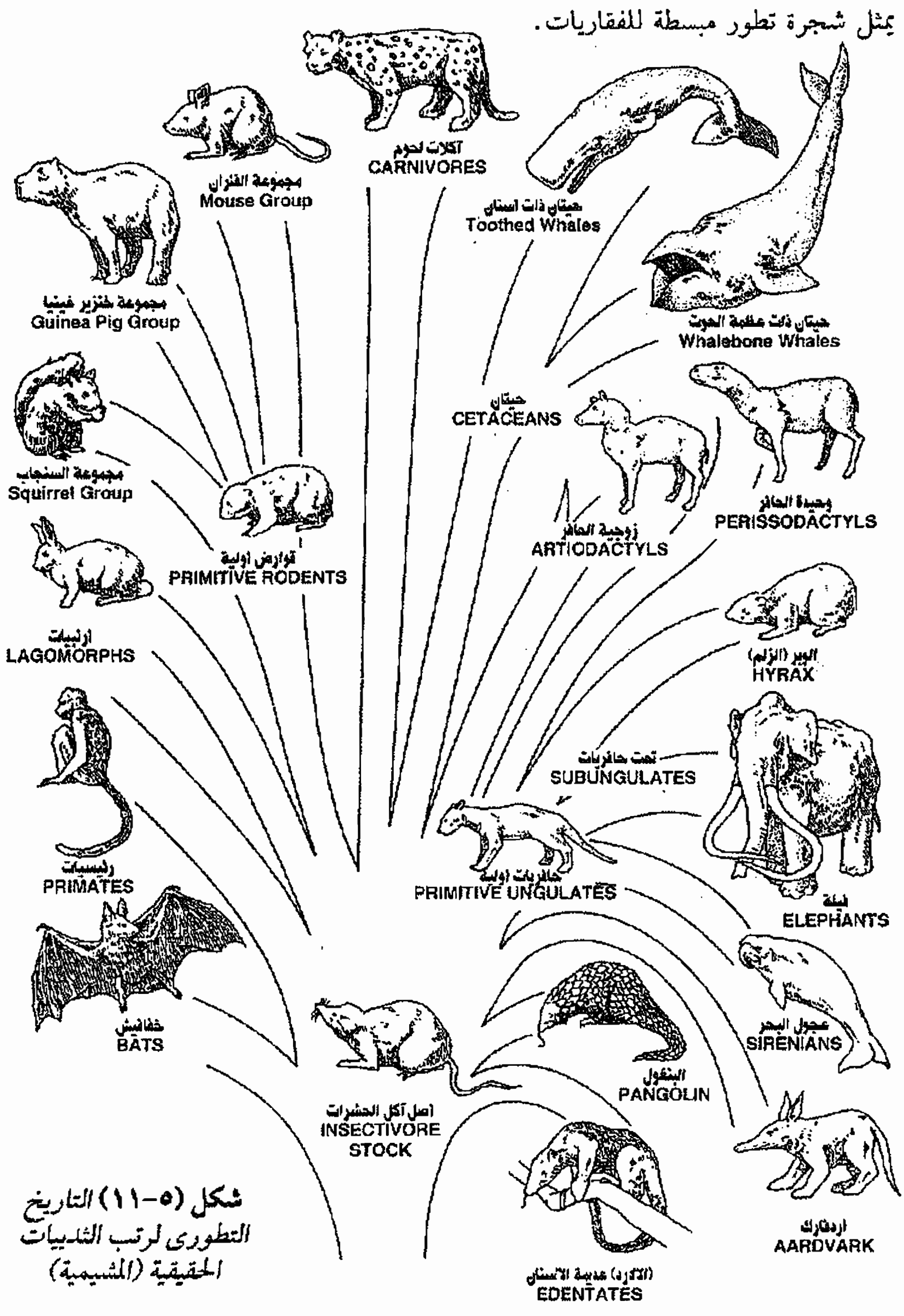
جدود الثدييـات الحالية كانت عبارة عن حـيوانات صغيرة الحجم، كـانت تختبئ عند ظهور الديناصورات. فى العصر الجوراسى ظهـرت الكيسيات من جدود الثدييات. والكيسيات تلد صغارا غير ناضجة تكمل نموها فى كيس عند بطن الأم.

١١- فى العصـر الطباشيـرى ظهرت الثدييـات المشيمـية وهى ثدييات راقـية تلد صغارها كاملة النمو (شكل ٥- ١٠).

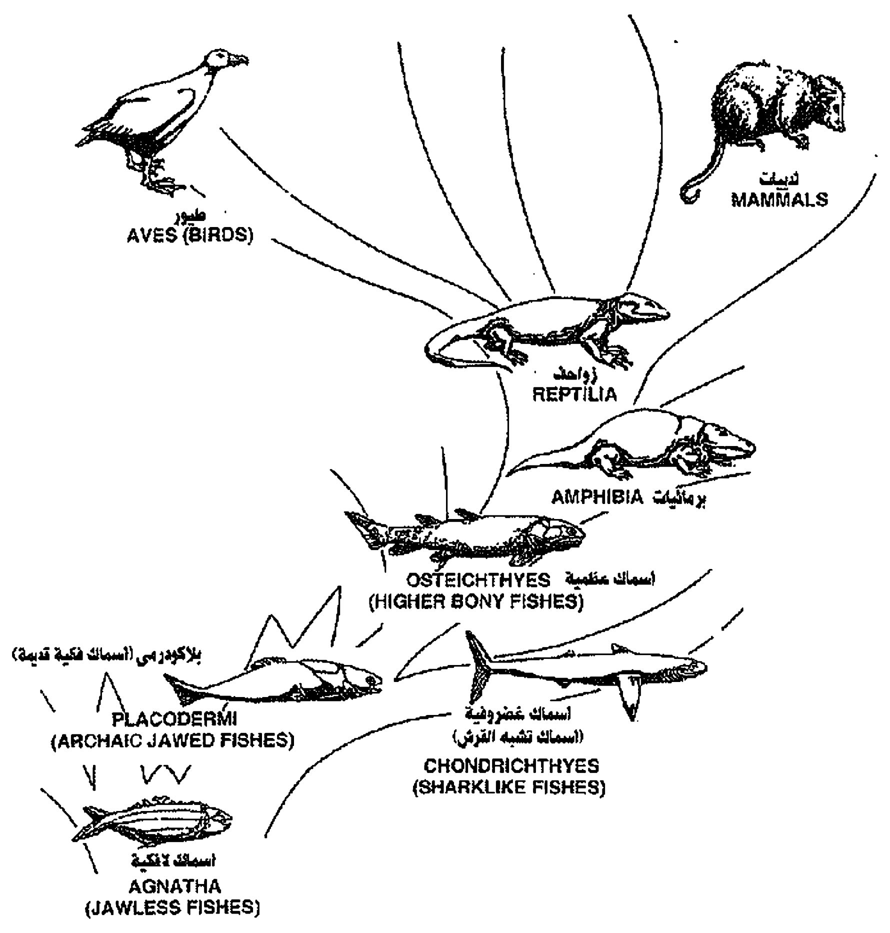


شكل (٥-١٠) رسم تخطيطى يوضح شجرة تطور الثدييات

١٢- فى الحقبة الحديثة، حدث تنوع للثدييات، لتظهر مختلف الرتب وتتشعب وتتطور (شكل ٥- ١١). ولذلك عرفت هذه الحقبة بزمن الثدييات. (شكل ٥- ١٢) يمثل شجرة تطور مبسطة للفقاريات.



شكل (٥-١١) *التاريخ التطورى لرتب الثدييات الحقيقية (المشيمية)*



شكل (٥-١٢) شجرة مبسطة لتطور طوائف الفقاريات

تصنيف شعيبة الفقاريات

CLASSIFICATION OF SUBPHYLUM VERTEBRATA

تنقسم الفقاريات إلى مجموعتين أساسيتين: مجموعة اللافكيات، ومجموعة الفكيات.

أ- مجموعة اللافكيات Group Agnatha

تشمل طائفة مدرعة الجلد «استراكودرمي» وطائفة مستديرات الفم **Cyclostomata**. الأستراكودرمي حيوانات كلها مندثرة كما ذكر من قبل، بطيئة الحركة ليس لها زعانف مزدوجة، مزودة على جسمها بصفائح عظمية تشل حركتها.

CLASS CYCLOSTOMATA طائفة مستديرات الفم

وتتميز طائفة مستديرات الفم بما يلى :

١- عدم وجود فكوك.

٢- عدم وجود زعانف مزدوجة، ولكن وسطية **median** فقط.

٣- الهيكل غضروفى ولا يوجد عظم.

٤- الحبل الظهرى يستمر فى الحيوان اليافع، وحوله تتكون بعض القطع الفقرية، أى لا توجد فقرات حقيقية.

٥- الجمجمة مكونة من أجزاء غضروفية، ولا تمثل جمجمة فقارية حقيقية.

٦- يوجد من ٥- ١٤ زوجا من الفتحات الخيشومية، تفتح فى أنبوبة تنفسية.

٧- توجد كلية واحدة.

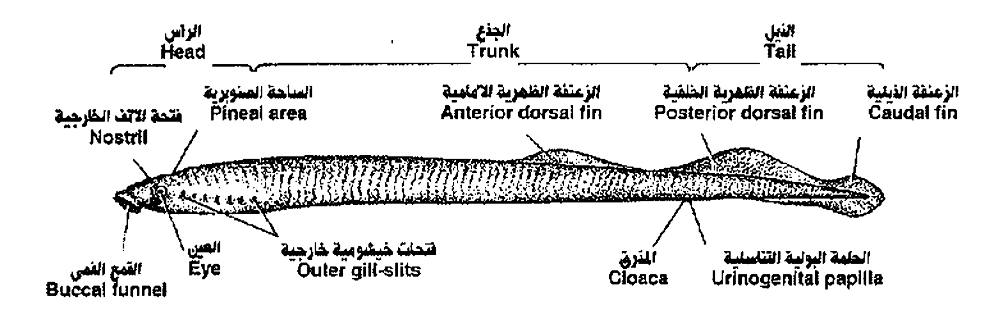
٨- المناسل منفردة، والإخصاب خارجى، والأجناس منفصلة.

٩- توجد فتحة منخار واحدة فوق الرأس تؤدى إلى كيس أنفى.

١٠- الجسم أملس، لا تغطيه قشور، وسطحه لزج.

المثال: الجلكى: **Lamprey *(Petromyzon)*** (شكل ٥- ١٣)

توجد منه أنواع بحرية وأخرى تعيش فى الأنهار. ومنهـا طفيلية أو حرة المعيشة. قد يصل طول الجسم إلى متـر. ينتشر فى مياه أمريكا الشمـالية وأوربا. وهى حيوانات تشبه الأسماك، الجسم أسطوانى الرأس بـه قمع فمى مستدير بطنى **oral funnel** مزود بأسنان قرنية للالتصاق بالفريسة، ولسان ناشر **rasping tongue** عليه أسنان قرنية لنشر

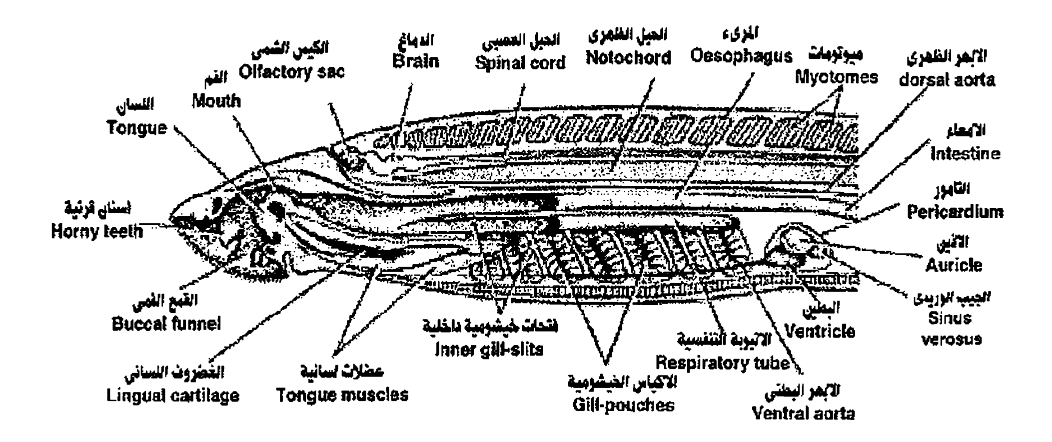


شكل (٥-١٣) منظر جانبى للجلكى

أنسجة الفريسة التي تكون كبيرة. وبالرأس أيضا عينان وفتحة منخار واحدة وسطية فوق الرأس. يلي الرأس الجذع وبه أزواج من الفتحات الخيشومية تكون عادة سبعة أزواج. يحمل الجذع زعنفتين ظهريتين وسطيتين، والذيل عليه زعنفة ذيلية، تحيط بأسفله وأعلاه.

التركيب الداخلي للجلكي:

القطاع السمتي في جسم الجلكي يوضح التراكيب الداخلية الأساسية كما هو مبين في شكل (٥- ١٤) فيه يظهر القمع الفمي المدعم بأسنان قرنية، وبه يمتد لسان ناشر فوقه أسنان قرنية حادة.



شكل (٥-١٤) *قطاع في منطقة الرأس ومقدمة الجذع في الجلكي، يوضح التراكيب الداخلية الأساسية*

القمع الفمي يؤدي إلى فتحة الفم التي بدورها تؤدي إلى تجويف فمي **oral cavity**. يفتح في التجويف الفمي أنبوبة تنفسية تنتهي مغلقة، وتفتح فيها الجيوب الخيشومية. وكذلك أنبوبة فوقها تمثل المرئ **oesophagus**، يمتد حتى يفتح خلف الأنبوبة التنفسية في الأمعاء متجهة نحو الخلف.

فوق تلك الأجزاء، يمتد الحبل الظهري، وفوقه الأنبوبة العصبية التي تتميز إلى دماغ أماما وحبل شوكي يمتد منه خلفا. الحبل الظهري يمتد أماما حتى منطقة الدماغ

الأوسط تقريبا. على قمـة الرأس توجد فتحة المنخار الخارجية وهـى فتحة وسطية تؤدى إلى كيس المنخار **nasal sac**.

ب- مجموعة الفكيات Group Gnathostomata

تضم تلك المجمـوعة فوق طائفتي الأسـماك **Super-Class: Pisces** ورباعيات القدم **Super-Class: Tetrapoda** .

فوق طائفة الأسماك SUPERCLASS PISCES

تشمل الطوائف الآتية:

طائفة الأسماك الغضروفية CLASS CHONDRICHTHYES

وتتميز طائفة الأسماك الغضروفية بما يلي:

١- الجسم انسيابى.

٢- توجد زعانف مزدوجة صدرية **pectoral fins** وحوضية **pelvic**. بالإضافة إلى الزعانف الوسطية **median fins**، اثنتان ظهـريتان وزعنفة ذيلية غـير متساوية **heterocercal tail**.

٣- توجد مـقابض تناسـلية **claspers** فى الذكـر على امتـداد السطح الداخلى للزعانف الحوضية.

٤- الجسم مغطى بقشور سنية.

٥- الهيكل الداخلى غضروفى، ولا يوجد عظام، الحـبل الظهرى يبقى على هيئة ضامرة تحيطه فقرات غضروفية كاملة مدعمة بأملاح الكالسيوم.

٦- يوجد هيكل يمثل الحزام الصدرى والحزام الحوضى لتدعيم الزعانف المزدوجة.

٧- الفم بطنى. وتوجد فـتحتا منخـار خارجيتان تـفتحان فى كيـسين أنفيين، لا يفتحان فى تجويف الفم.

٨- يوجد ٥- ٧ أزواج من الفتحات الخيشومية وبدون غطاء خيشومى.

٩- لا توجد مثانة هوائية.

١٠- الدماغ متميز إلى أجزائه المختلفة. ويوجد ١٠ أزواج من الأعصاب المخية.

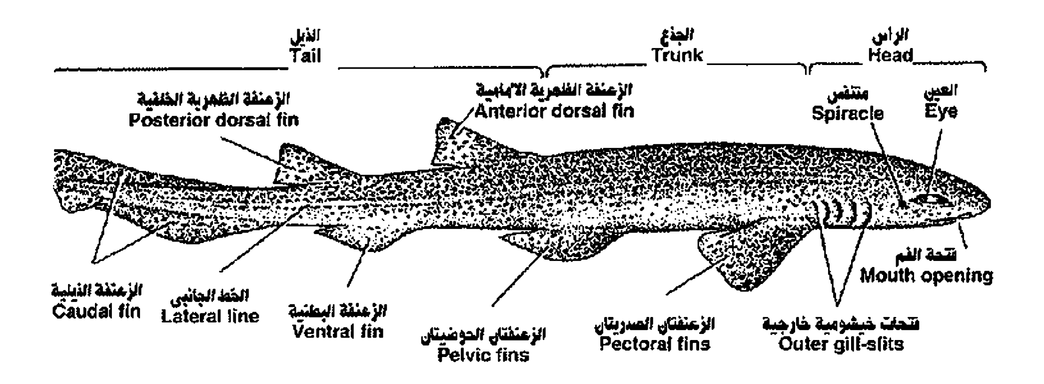
١١- المناسل مزدوجة والأجناس منفصلة. والإخصاب داخلي.

وهى حيوانات بيوضة **oviparous** أو ولودة بيوضة: **ovoviviparous**.

١٢- الكليات مزدوجة.

المثال: كلب السمك **Dogfish *(Squalus)***

الشكل الخارجي: الجسم مغزلي (شكل ٥- ١٥). يوجد بوز مدبب، الذيل يتجه إلى أعلى بسبب اتجاه العمود الفقري فيه إلى أعلى مكونا ذيلا غير متجانس **heterocercal**. يوجد زوجان من الزعانف الصدرية والحوضية، وزعنفتان وسطيتان ظهريتان كل واحدة مزودة بشوكة.



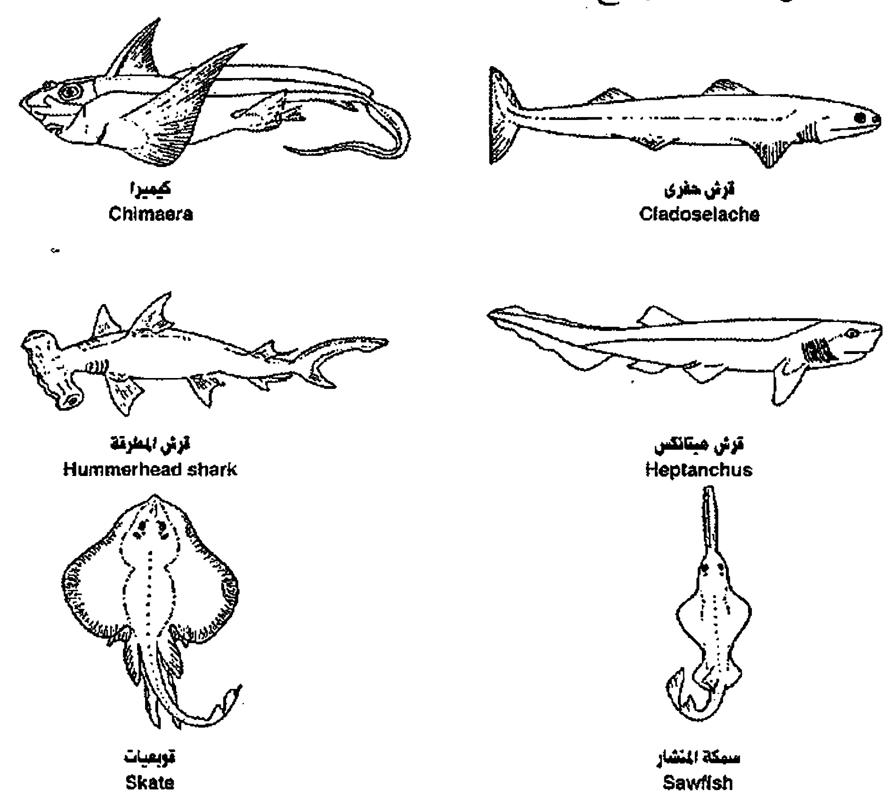
شكل (٥-١٥) *منظر جانبي لكلب السمك موضحا الشكل الخارجي*

يوجد زوج من المقابض التناسلية في الذكر لإمساك الأنثى عند التزاوج وذلك على جانبي الزعنفتين الحوضيتين من الداخل. الفم بطني هلالي الشكل. فتحتا المنخار بطنية أمام الفم. الأعين جانبية بدون جفون. خلف كل عين توجد فتحة تنفسية، كما توجد خمسة أزواج من الفتحات الخيشومية أمام الزعانف الصدرية.

الجسم مغطى بقشور سنية مدببة متجهة نحو الخلف، تتحور أماما لتكون صفوفا من الأسنان فى الفكين مستمرة التبديل. تتكون القشور من العاج تحيطها طبقة من مادة تشبه المينا. وهى قريبة الشبه بأسنان الفقاريات الأخرى.

يوجد جهاز خط جانبى كامل النمو به أعضاء حس تستقبل الذبذبات فى المياه، موضحة للحيوان مجال بيئته.

(شكل ٥- ١٦) يوضح أمثلة من الأسماك الغضروفية



شكل (٥-١٦) *أمثلة من الأسماك الغضروفية*

CLASS OSTEICHTHYES طائفة الأسماك العظمية

هى أسماك كاملة التعظم **Teleostomi**. الهيكل معظمه عظمى. توجد فتحة خيشومية واحدة على كل جانب يغطيها غطاء خيشومى. وتوجد عادة مثانة هوائية.

وتتميز بما يلى :

١- وجود هيكل عظمى.

٢- الزعانف وسطية ومزدوجة وبها أشعة زعنفية غضروفية أو عظمية.

٣- الفم طرفى مزود بأسنان كثيرة، رغم أن البعض بدون أسنان.

٤- الخياشيم مغطاة بغطاء مدعم بصفائح عظمية.

٥- عادة توجد مثانة هوائية.

٦- الجسم قد يكون مغطى بقشور عظمية مفلطحة. وبعضها بدون قشور مثل ثعبان السمك ومجموعة الأسماك القطية **catfishes** مثل القرموط ***Clarias*** والشال **schall** والبياض ***Bagrus***.

٧- الأجناس منفصلة والمناسل مزدوجة والإخصاب عادة خارجى.

التصنيف Classification

تنقسم طائفة الأسماك العظمية إلى: تحت طوائف فصية الزعانف والرئوية وشعاعية الزعانف.

١- طويئفة الأسماك فصية الزعانف SUBCLASS: CROSSOPTERYGII

الزعانف فيها فصية **lobed fins**، ومزودة بهيكل داخلى يضاهى هيكل أطراف رباعيات القدم، وهى نموذج للطرف خماسى الأصابع **pentadactyle limb** (شكل٥-٨). القشور كبيرة ومتراكبة ولها بروزات. الذيل ثنائى، والأشواك العظمية مجوفة، ولها أسنان خيشومية، الأمعاء بها صمام حلزونى.

تلك الأسماك كانت تعتبر كلها مندثرة حتى عام ١٩٣٩م، حينما عثر على عينات منها بالمحيط الهندى بجوار الساحل الجنوب الشرقى لأفريقيا (شكل ٥- ٧) وسميت الأحفورة الحية (لاتيميريا ***Latimeria***).

٢- طويئفة الأسماك الرئوية SUBCLASS DIPNOI

أسماك رئوية **lung fishes**. جميع الزعانف الوسيطة متحدة مكونة ذيلا ثنائيا. الزعانف فصية أو خيطيه. الجسم مغطى بقشور عظمية دائرية. المثانة الهوائية مكونة من فص واحد أو فصين، ويستخدم فى التنفس. يوجد صمام حلزونى بالأمعاء. الباقى منها حاليا ثلاثة أجناس فى منطقة خط الاستواء فى أفريقيا وأستراليا وأمريكا الجنوبية (شكل٥- ٧).

٣- طويئفة شعاعية الزعانف SUBCLASS ACTINOPTERYGII

يندرج تحتها معظم الأسماك العظمية الحديثة. الزعانف هنا شعاعية **rayed fins**. الزعانف المزدوجة مدعمة بأشعة زعنفية أدمية وبدون أجزاء قاعدية.

أفراد هذه التحت شعبة تضم الأسماك المعروفة والمألوفة، والتى تكون لنا ثروة غذائية هائلة، ومن أمثلتها البورى والبلطى والسالمون. . . إلخ

فوق طائفة رباعيات القدم SUPERCLASS TETRAPODA

كما ذكرنا من قبل، بدأت الحياة على الأرض فى أواخر العصر الديڤونى. ويعتبر ذلك حدثا وتطورا هاما للفقاريات وإلا لعاشت كلها فى الماء حتى اليوم. فالحياة على اليابسة تضم بيئات متنوعة؛ ولذلك ظهرت تنوعات من رباعيات القدم. الحياة على الأرض تستلزم خصائص معينة تعين الحيوان على الحياة الأرضية، فظهرت الأرجل الأربع يدعمها هيكل عظمى متجانس بين الأنواع كلها وتضم خمسة أصابع (حدثت لبعضها تحورات فيما بعد)؛ ولذلك سميت بالأطراف خماسية الأصابع **Pentadactyle limbs**. تلك الأطراف ساعدت الحيوان على المشى والجرى والوثب فوق الأرض وعلى تسلق الأشجار، وظهرت أنواع تمشى على أربع وأخرى على اثنين وثالثة تزحف على بطنها لغياب الأطراف. كما ظهرت أرقى الفقاريات وهى الثدييات.

كما ظهرت لتلك الحيوانات رئات تتنفس بها الهواء الجوى. وحدثت تغيرات وتحورات هامة فى معظم أجهزة الجسم لتكيف حياة الحيوان على اليابسة التى تختلف كثيرا عن الوسط المائى الذى تعيش فيه الأسماك.

تضم فوق طائفة رباعيات القدم أربع طوائف، هى البرمائيات والزواحف والطيور والثدييات.

أ- طائفة البرمائيات CLASS AMPHIBIA

هى فقاريات تعيش بين الماء واليابسة، حيث إن البيض يُوضع فى الماء العذب وكذلك الحيوانات المنوية من الذكر، حيث يتم الإخصاب، ويفقس البيض وتعيش الأطوار الجنينية الأولى فى الماء حيث تتنفس الأكسجين المذاب فى الماء عن طريق خياشيم مثل الأسماك. ثم تتحور إلى الطور اليافع **adult** الذى له القدرة على المعيشة فوق الأرض ويتنفس الهواء الجوى بواسطة الرئات.

نشأت البرمائيات من أقدم البرمائيات المعروفة وهى التيه سنية **Labyrinthodontia** التى نشأت بدورها من الأسماك مستديرة الزعانف الفصية **Crossopterygii** فى أواخر العصر الديڤونى (شكل ٥- ٤).

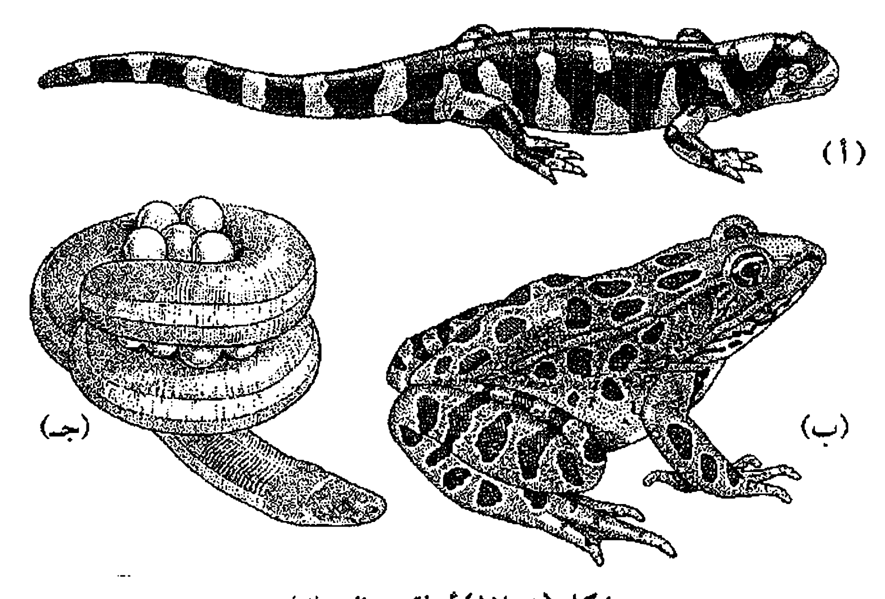
تصنيف طائفة البرمائيات: تنقسم البرمائيات إلى أربع رتب منها رتبة مندثرة وهى رتبة مصفحات الرأس. والرتب الثلاثة الأخرى (شكل ٥- ١٧) هى رتب عديمة الأقدام، والذيليات، وعديمة الذيل.

١ - رتبة مصفحات الرأس ORDER STEGOCEPHALIA

نشأت من الأسماك مستديرة الزعانف الفصية فى أواخر العصر الديفونى. وكلها مندثرة الآن.

٢- رتبة عديمة الأقدام ORDER APODA (شكل ٥- ١٧، شكل ٥- ١٨)

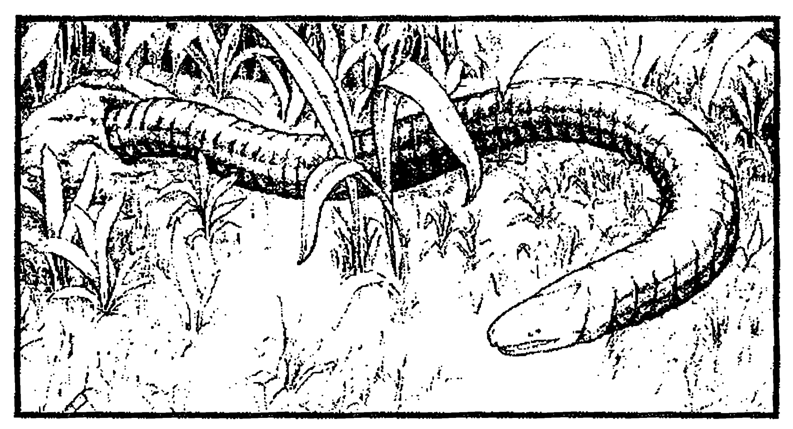
وتسمى سيسيليا Coecelia . الجسم يشبه الديدان وهى عديمة الأطراف. يوجد بالجلد قشور ميزودرمية. الذيل قصير أو غائب. الفقرات عديدة. تعيش فى المناطق الاستوائية.



شكل (٥-١٧) *أمثلة من البرمائيات*
أ - سلامندر (رتبة الذيليات).
ب- ضفدع (رتبة اللاذيليات).
جـ- سيسيليان (رتبة عديمة الأطراف).

٣- رتبة الذيليات ORDER:CAUDATA (شكل ٥- ١٧أ وشكل ٥- ١٩)

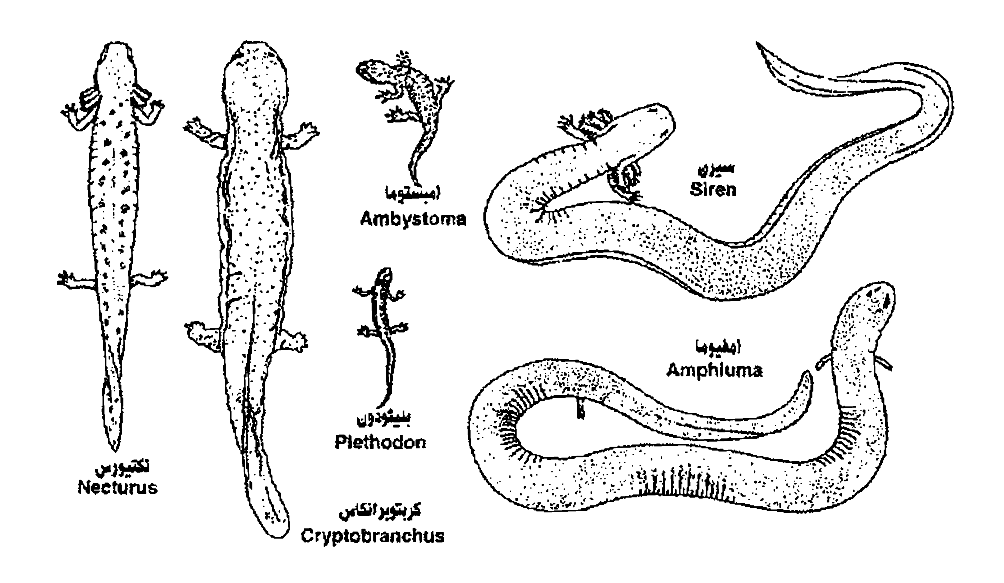
مثل السلمندر والنيوت. يتكون الجسم من رأس وجذع وذيل. الفقرات عددها من ١٠ إلى ٦٠ فقرة. تعيش فى القطب الشمالى.



شكل (٥-١٨) *حيوان برمائى عديم الأرجل مميز بتركيب حلقى*

٤-رتبة عديمة الذيل ORDER ANURA (شكل ٥- ١٧ب)

تضم الضفادع **frogs** والعلاجم **toads** الفم كبير. عدد الفقرات من ٦ إلى ١٠ بما فيها الفقرة العصعصية **urostyle**. تنتشر فى بقاع العالم، وتسود فى المناطق الاستوائية.



شكل (٥-١٩) *أمثلة من البرمائيات الذيلية*

ب- طائفة الزواحف CLASS REPTILIA

تعتبر أولى الفقاريات الأرضية الحقيقية، حيث إنها ظهرت لتعيش على الأرض وتتكاثر على الأرض، فالإخصاب داخلى، وتنمو الأجنة إما بداخل الأنثى أو فوق سطح الأرض بداخل البيض المدعم بقشرة كلسية لحماية الجنين.

نشأت الزواحف من الزواحف الجذعية **Cotylosauria Stem-reptiles** التى ظهرت فى العصر الكربونى من أسلافها التيه سنية **Labyrinthodontia** (شكل ٥-٩) ثم أعطت الزواحف الأولية فى العصر البرمى (شكل ٥- ٤)، ثم تشعبت لتظهر منها الأنواع العديدة المختلفة خلال عصور الحقبة الوسطى التى سميت بزمن الزواحف.

والزواحف ضمن مجموعة من الفقاريات تضم إلى جانبها الطيور والثدييات وهى مجموعة الرهليات، التى يعيش جنينها - سواء بداخل البيضة أو بداخل جسم الأنثى- محاطا بغشاء الرهل أو الأمنيون.

وتتميز الزواحف بما يلى :

١- يتكون الجسم من رأس ورقبة وجذع وذيل.

٢- الجسم مغطى بهيكل خارجى **exoskeleton** من حراشيف قرنية **horny scales** تنشأ من البشرة، بالإضافة إلى ضفائر عظمية فى بعض الزواحف تنشأ من الأدمة.

٣- الجلد عادة جاف أى خال من الغدد، باستثناء القليل منها فى بعض الأماكن، وذلك للمحافظة على سوائل الجسم فى مثل تلك البيئات ذات الأجواء القاسية مثل الصحارى بالإضافة إلى وجود الحراشيف القرنية التى تعوق التبخر.

٤- يتكون القلب من ثلاث غرف، وفى التماسيح يوجد أربع غرف.

٥- يوجد زوج من الكلى البعدية، وهى صفة من صفات الرهليات.

٦- يوجد ١٢ زوجا من الأعصاب المخية بالإضافة إلى العصب الطرفى **terminal n.** فى بعض الأنواع.

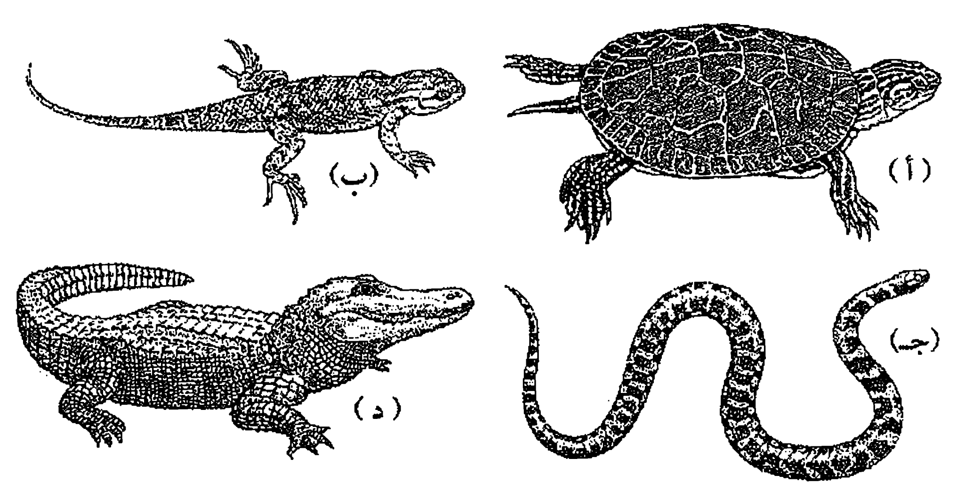
٧- الأجناس منفصلة والإخصاب داخلى.

٨- البيض مغطى بقشرة كلسية أو جلدية. توجد الأغشية الجنينية حول الجنين.

تنقسم طائفة الزواحف إلى أربع رتب: وهى السلاحف، والحرشفيات، والتماسيح، وخرطومية الرأس (شكل ٥- ٩).

١- رتبة السلاحف: ORDER CHELONIA (شكل ٥- ٢٠ أ)

هى أقدم الزواحف، حيث أنها نشأت من خط تطورى مستقل من أسلاف الزواحف وهى الزواحف الجذعية **Cotylosauria**. الجسم محفوظ فى صندوق مكون من صفائح عظمية من الأدمة، الجزء العلوى يسمى القصعة **Carapace** والسفلى بالدرنة **Plastron**، الأسنان غائبة ويعوضها أغلفة قرنية تغطى الفكوك تشبه المنقار. فتحة الشرج عبارة عن شق طولى. الفقرات والضلوع تلتحم مع الصندوق. العظم المربعى غير متحرك.



شكل (٥-٢٠) *أمثلة من الزواحف الحية*
Living Reptiles

أ - سلحفاة (رتبة السلاحف).	Turtles : Order Chelonia.
ب- سحلية (رتبة الحرشفيات).	Lizards : Order Squamata.
جـ- ثعبان مائى (رتبة الحرشفيات).	Aquatic Snakes : Order Squamata.
د - القاطور (رتبة التماسيح).	Alligator: Order Crocodilia.

السلاحف يوجد منها أرضية **tortoises** وأخرى مائية **turtles**، بعضها يعيش فى البحار **marine** وبعضها فى المياه العذبة **fresh water**. وتصل السلاحف إلى أوزان كبيرة، وهى حيوانات معمرة.

٢- رتبة الحرشفيات ORDER SQUAMATA

الجسم مغطى بحراشيف قرنية من البشرة. العظم المربعى متحرك. فتحة الشرج عبارة عن شق مستعرض.

تنقسم الحرشفيات إلى ثلاث تحت رتب: السحالى والثعابين والسحالى ثنائية الحركة.

أ- رتيبة السحالى SUBORDER LACERTILIA (شكل ٥- ٢٠ب)

زواحف متنوعة، منها السحالى العادية **lizards** والحرباء **chameleon** والضب ***Uromastyx*** والورل ***Varanus*** والأبراص **geckos**. أعضاء الجماع مزدوجة. الجفون متحركة عند معظمها، ولها آذان خارجية على هيئة نقر **pits**.

ب- رتيبة الثعابين SUBORDER OPHIDIA (SERPENTES) (شكل ٥- ٢٠ج)

الجسم مستطيل أسطوانى والأطراف غائبة. الأعين بدون جفون وغير متحركة، اللسان مشقوق، الأسنان مخروطية وتوجد على الفكوك وسقف الحلق. الأذن الخارجية والوسطى بما فيها طبلة الأذن غائبة، ولكن توجد الأذن الداخلية، تسمع بها الذبذبات من سطح الأرض.

تتحرك الثعابين إما بالحركة التموجية الجانبية **lateral undulatory movement** أو الحركة مستقيمة الخطوط **rectilinear movement**، حيث تلامس اثنتان أو ثلاثة من القشور احتكاكا بالأرض، بينما يتحرك باقى الجسم أماما.

قوة الإبصار ضعيفة بين معظم الثعابين. حرية الحركة بين بعض عظام الجمجمة ووجود شريط من العضلات بين شعبتى الفك السفلى أماما، يسمح بأن يبتلع الثعبان فريسة أكبر من حجم رأسه.

أغلب الثعابين بيوضة، ولكن القليل منها ولودة بيوضة، ونسبة ضئيلة ولودة حيث توجد بها مشيمة بدائية يتغذى بها الجنين على دم الأم. الثعابين منها السام مثل الكوبرا **cobra** والبرجيل شديد السمية وكذلك الثعابين البحرية، وفيها غير السام **non-poisonous** وتتبع الحيات فصيلة من فصائل تحت رتبة الثعابين هى **Family: Viperidae** والثعابين السامة والحيات لها زوج من الأنياب السامة **poison fangs** بالفك العلوى.

تكثر الثعابين بالمناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، وتوجد ثعابين ضخمة غير سامة مثل البايثون **python**، تصطاد فريستها بأسلوب العصر بواسطة عضلاتها القوية.

بعض الثعابين تسمى حيات النقر **pit vipers**، لها حفر خاصة فوق الرأس أماما بين فتحتى المنخار والأعين، حساسة للغاية للتغير فى درجة الحرارة حتى ٠٠٣ , ٠م، ولذلك تحس بالحرارة المنبعثة من الطيور والثدييات التى تفترسها بالليل بنفس كفاءة الاصطياد نهارا.

جـ- رتيبة السحالى ثنائية الحركة SUBORDER AMPHISBAENIA

تشبه الديدان، الجسم مستطيل والأطراف غائبة، والذيل قصير، والحزام الصدرى ضامر، والأعين ضامرة تحت الجلد، وتوجد لها رئة واحدة.

تتحرك تلك الكائنات الغريبة بداخل أنفاق تحفرها بنفسها تحت الأرض بشكل متفرع، وتكون الحركة إلى الأمام أو إلى الخلف عندما يعترضها عائق وذلك بنفس الكفاءة؛ ولذلك سميت زواحف ثنائية الحركة. وهى تعيش بصفة مستمرة تقريبا تحت الأرض؛ ولذلك فهى حافرة وتحت أرضية **burrower and fossorial** وتكثر تلك الزواحف فى المناطق الاستوائية.

٣- رتبة التماسيح ORDER CROCODILIA (شكل ٥- ٢٠د)

هى أكبر الزواحف المعاصرة، وهى بقايا الزواحف الضخمة التى انتشرت فى العصر الجوراسى والطباشيرى. ومنها التماسيح **crocodiles** مثل تمساح النيل والقاطور **alligator** الذى يعيش فى أمريكا الشمالية، وهو يشبه التمساح مع اختلافات بسيطة فى شكل البوز والأسنان.

والتماسيح ذات أسنان قوية مثبتة بالفكوك، والنوعان الأفريقى والآسيوى يمتازان بالسرعة والمهاجمة. وهى تفترس أى طائر أو حيوان ثديى تستطيع أن تجره من الشاطئ إلى الماء وتقلبه سريعا، وتمزقه ثم تبتلع القطع. ويمكنها مهاجمة حيوانات كبيرة الحجم مثل الماشية والغزلان، كما تهاجم الإنسان.

وتلك الزواحف بيوضة. الأم تسمع أصوات الصغار عند فقسها، فتستجيب لها وتفتح العش لتخرج الصغار. درجة حرارة تفريخ البيض تحدد نوع الجنس للأجنة، حيث إن الدرجة المنخفضة تنتج إناثا فقط والمرتفعة ذكورا.

القلب فى التماسيح ذو أربع غرف. الأطراف الأمامية لها خمسة أصابع عادة والخلفية أربعة. العظم المربعى غير متحرك، فتحة الشرج عبارة عن شق مستطيل.

٤- رتبة خرطومية الرأس ORDER RHYNCHOCEPHALIA

يوجد منها فى الوقت الحالى نوع واحد فقط يسمى تواتارا **tuatara** أو *Sphenodon* (شكل ٥- ٩)، يعيش فى نيوزيلندا بأستراليا وبقية الرتبة مندثرة. وهو

يشبه السحلية ويعيش فى جحور، وله صفات بدائية تشبه جدود السحالى من ملايين السنين. العظم المربعى غير متحرك، والشرج عبارة عن شق مستعرض.

جـ - طائفة الطيور CLASS AVES

وهى مجموعة من الفقاريات، تكون مع الثدييات فقاريات ذات دم دافئ، أى تحافظ على درجة حرارة ثابتة بالجسم.

والطيور فقاريات تتميز أساسا بوجود ريش يغطى أجسامها، غير موجود فى أية فقاريات أخرى. كما تتميز بخاصية الطيران الذى يستلزم تكيفات هامة فى كثير من أجهزة الجسم.

نشأة الطيور Origin of birds

نشأت الطيور فى العصر الجوراسى، من الزواحف الجذعية (شكل ٥- ٤) stem-reptiles **(Cotylosauria)** واتفق علماء الحفريات على أن الطيور نشأت هى والديناصورات من مجموعة واحدة من الزواحف الجذعية، تسمى ذات الأسنان المثبتة **Thecodontia**، حيث تكون الأسنان ثابتة بالفكوك بشكل متين وهى خاصية أسنان التماسيح التى نشأت من نفس المجموعة والطيور المندثرة. أما الحديثة فهى بدون أسنان.

وأول طائر حفرى أُكتشف فى ألمانيا، وكان له جمجمة تشبه تلك فى الطيور الحديثة فيما عدا وجود أسنان فوق الفكوك تشبه أسنان الزواحف. كما أن له تركيبات من الهيكل العظمى تشبه تلك التى للزواحف، ويوجد ذيل طويل عظمى به عدة فقرات، ولها أصابع ذات مخالب، غير أن جسمه كان يغطيه ريش؛ ولذلك اعتبر طائرا، وسمى الطائر القديم ***Archeopteryx***. وتلك الأحفورة أكدت تطور الطيور من الزواحف.

وتتميز الطيور بما يلى:

١- وجود ريش يغطى الجسم.

٢- وجود منقار قرنى علوى وسفلى يغطى امتدادين للفكوك العظمية.

٣- عدم وجود أسنان.

٤- وجود عنق طويل.

٥- الأطراف الأماميـة متحورة إلى أجنحة، والخلفيـة تختلف فى مهامـها، فهى تساعد على الهبوط والمشى أو العوم، والقدم به أربعة أصابع بصفة أساسية.

٦- ذوات دم دافئ وتحافظ على درجـة حرارة ثابتة للجـسم. والقلب مكون من أربع غرف تامة الانفصال عن بعضها، وبذلك ينفصل الدم المؤكسج عن غير المؤكسج انفصالا كليـا، فالدماغ يتغذى بدم غنى بالأكسـجين. وكرات الدم الحمراء ذات أنوية.

٧- عظام الجسم رقيقة ومجوفة ليكون الطائر خفيفا للطيران.

٨- وجود جهـاز تنفسى عالى التركـيب، وأكياس ممتلئة بالهـواء بداخل الجسم، ويوجد عضو الصوت عند التقاء القصبة الهوائية بالشعب الهوائية.

٩- وجود زوج من الكلى البعـدية، والحوالب تفتح فى المجمع ولا توجـد مثانة بولية **urinary bladder**.

١٠- وجود زوج من الخصى فى الذكر والوعاء الناقل يفتح فى المجمع، ومبيض واحد فى الأنثى هو الأيسر مع قناة المبيض اليسـرى، أما الأيمن فهو ضامر، ويوجد عضو سفاد فى البط والأوز وغيرهما.

١١- هى حيوانات بيوضة **oviparous**، الإخصاب داخلى تضع الأنثى البيض كثيـر المح ومحاطا بقشرة كلسـية قوية، ويوجد غـشاء الرهل حول الجنين؛ ولذلك فهى تكون مع الزواحف والثدييات مجموعة الرهليات. والإناث هى التى تحدد جنس الجنين، حيث إن خلاياها تحتوى على الكروموسوم الجنسى غير المتـجانس **XY**، والذكر به الكروموسـوم المتجانس **XX** بخلاف بقية الفقاريات.

١٢- الجهـاز العصبى راق، الدمـاغ به الفصان شبـه الكرويان كبيـران، وكذلك المخيخ الخاص بحفظ التوازن.

١٣- يوجد ١٢ زوجا من الأعصاب المخية. والحواس نامية خصوصـا العينان فهما حادتـا الإبصار لتـساعد الطـائر على كشف الأفق من أعلى أثناء الطـيران، وخصوصا الطيور الجارحة التى ترصـد مكان فريستها بدقة وهى على ارتفاع كبير.

التصنيف Classification

تنقسم طائفة الطيور إلى تحت طائفتين هما:

أ - طويئفة الطيور القديمة SUBCLASS: ARCHEORNITHES، وهى الطيور الحفرية ويتبعها طائر الأركيوبتريكس.

ب- طويئفة الطيور الحديثة SUBCLASS: NEORNITHES، وبها الطيور الحديثة وبعض الطيور المنقرضة.

تنقسم طويئفة الطيور الحديثة إلى مجموعتين كبيرتين هما:

١- مجموعة الطيور مسطحة القص **Ratites** وتشمل طيورا عديمة الطيران، مثل النعام **ostrich** والنعام الأسترالي الإيمو **emu** والكيوى **kiwi** وغيرها. يوجد لها قص مفلطح ذو عضلات صدرية ضعيفة.

٢- مجموعة الطيور سهمية القص أو ذات الحيد **carinates**، أى طيور لها رافدة أو حيد **carina** لعظمة القص **sternum**، تتصل به عضلات الطيران القوية.

وتنقسم الطيور إلى عدة رتب **Orders**، تتشابه فى كثير من الصفات والتراكيب، ويفرقها عن بعضها البعض بعض الصفات القليلة.

د - طائفة الثدييات CLASS MAMMALIA

الثدييات هى أرقى الفقاريات، تشترك مع الطيور فى كونها ذات دم دافئ، فيقوم الجسم بتنظيم درجة الحرارة **thermoregulation** فدرجة حرارة الجسم ثابتة. وتشترك الطيور والزواحف فى كونهما تنضم إلى مجموعة الرهليات، التى تنمو أطوارها الجنينية محاطة بغشاء الرهل (الأمنيون **amnion**) كأحد الأغشية الجنينية.

كما تتميز الثدييات بوجود غدد ثديية أو لبنية فعالة لدى الأنثى لإرضاع الصغار، بالإضافة إلى وجود شعر غير موجود فى أية فقاريات أخرى.

نشأة الثدييات Origin of mammals

نشأت الثدييات عن زواحف شبيهة بالثدييات **mammal-like reptiles** المعروفة بالزواحف الثديية **Therapsida** فى أوائل الحقبة المتوسطة (شكل ٥- ٤) مثل ظهور الديناصورات. تلك الأنواع المندثرة كانت صغيرة الحجم، وكان لها بعض التركيبات الشبيهة بتركيبات الثدييات، حيث استبدلت أطراف الزواحف المتباعدة عن الجسم بأطراف مستقيمة ملتصقة بالجسم تعمل على رفع الجسم بعيدا عن الأرض، فتساعد على السرعة والكفاءة فى الصيد.

كذلك تم فصل الممرات الهوائية عن الممرات الغذائية بالفم، مما ساعد الحيوان على التنفس أثناء القبض على الفريسة بفمه. كما أن المفصل القوى للفك مكن الحيوان من إطالة عملية المضغ والهضم المبدئى بالفم.

عند اختفاء الديناصورات فى أواخر الحقبة المتوسطة وأوائل الحقبة الحديثة، انتشرت الثدييات فجأة، وتنوعت وظهرت منها أنواع متباينة، منها ما هو كبير ومنها ما هو ضخم مثل الفيل والحوت، وتأقلمت على المعيشة فى بيئات مختلفة عديدة على الأرض فى الصحارى والغابات وغيرها، وبالبحار والمحيطات مثل الحوت والجو مثل الخفاش وغير ذلك. وشكل (٥- ١٠) يوضح شجرة تطور الثدييات.

وتتميز الثدييات بما يلى:

١- الجسم مغطى بشعر، إما فى مناطق محدودة وإما يغطى الجسم كله كالفراء، وإما يغطى جسم الجنين ثم يتساقط فى الطور اليافع وينحصر كشعر قليل فى أماكن محدودة.

٢- وجود غدد ثدية أو لبنية **mammary or milk glands** تغذى بها الإناث صغارها.

٣- ذات دم دافئ فهى تحافظ على درجة حرارة الجسم ثابتة **thermoregulation**.

٤- الجلد مزود بغدد عرقية **sweat** ودهنية **sebaceous** وثديية وذات رائحة **smell glands**.

٥- وجود حواس خاصة مزدوجة فى منطقة الرأس ذات كفاءة عالية، ودماغ تام التكوين ذو فصين نصف كرويين كبيرين، بهما قشرة من المادة السنجابية تشتمل على العديد من الخلايا العصبية **neurons**. تلك القشرة قد تكون ثنيات ومياريب لزيادة السطح العصبى. ويوجد ١٢ زوجا من الأعصاب المخية (القحفية).

٦- وجود سقف حلق ثانوى **secondary palate**، أسفل الأولى **primary**، يفصل بين الممرات الهوائية والغذائية فى تجويف الفم، فيتمكن الحيوان من التنفس أثناء بلعه الطعام.

٧- وجود أسنان غير متجانسة **heterodont dentition**، تتميز إلى قواطع **incisors** لقطع الطعام، وأنياب **canines** لتمزيقه، وضروس أمامية **premolars** وخلفية **molars** لطحنه.

٨- الجفون متحركة، وتوجد آذان خارجية على هيئة قناة طولية نسبيا **external auditory meatus**، ذات صوان أذن **ear pinna** في معظمها لتجميع الموجات الصوتية نحو الداخل.

٩- وجود سبع فقرات عنقية بصفة ثابتة حتى لو اختلف طول الرقبة، فهي سبعة في الفأر وسبعة في الزرافة **giraffe**.

١٠- وجود حجاب حاجز عضلي، يفصل بين منطقة الصدر التي تحتوى على القلب والرئتين، ومنطقة البطن التي تضم بقية الأحشاء.

١١- القلب مكون من أربع حجرات تامة الانفصال. كرات الدم الحمراء فقدت أنويتها أثناء النمو فيما عدا الجمال.

١٢- الكلى بعدية **metanephric**، وتفتح الحوالب عادة في مثانة بولية.

١٣ - الأجناس منفصلة، ويوجد قضيب في الذكر **penis** وخصى عادة بداخل كيس الصفن **scrotal sacs**، ومبايض بالأنثى وقنوات بيضية **oviducts** ومهبل **vagina**.

١٤- الإخصاب داخلي، وتنمو الأجنة في الرحم بواسطة اتصال مشيمي فيما عدا الثدييات الأولية فهي بيوضة. توجد أغشية جنينية: رهل **amnion** وكوريون **chorion** ومبار **allantois**.

يتحدد جنس الجنين بواسطة الذكر لأن بخلاياه كروموسوما جنسيا غير متجانس **XY** والأنثى متجانس **XX**.

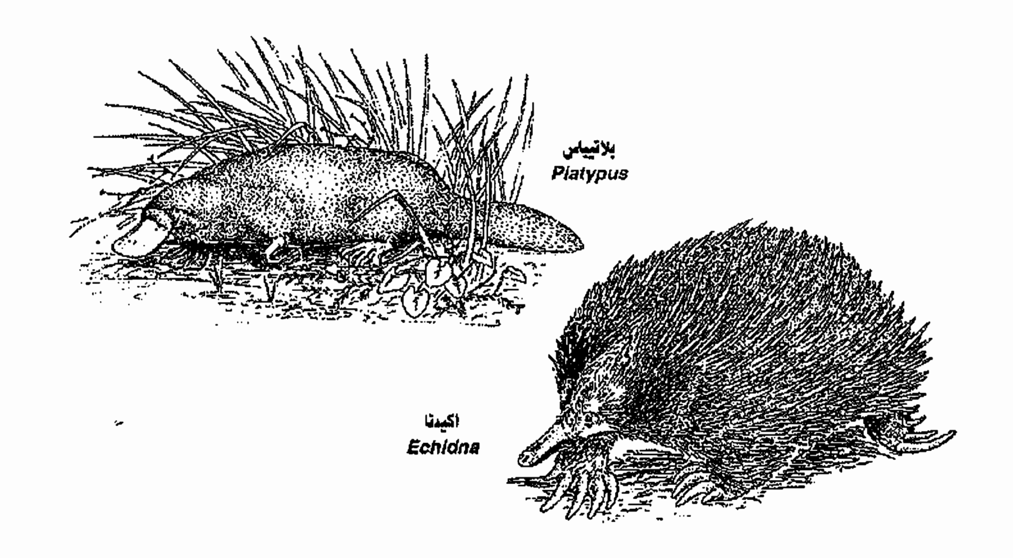
التصنيف Classification

تنقسم طائفة الثدييات إلى تحت طائفتين الأولية والثدية:

أ- طويئفة الثدييات الأولية SUBCLASS: PROTOTHERIA

وتشمل رتبة واحدة هي وحيدة المسلك: **ORDER: MONOTREMATA**

وهي ثدييات بيوضة **oviparous**، ولكن بها غددا لبنية وحجابا حاجزا ويغطي جسمها شعر وبقية صفات الثدييات الأخرى. ومنها منقار البط **duck-billed** ***Platypus*** وآكل النمل الشوكي **spiny anteater** (شكل ٥-٢١) ذو البوز الطويل الضيق. تعيش تلك الحيوانات في أستراليا، تاسمانيا، وغينيا الجديدة.



شكل (٥-٢١) *حيوانان حيان من الثدييات وحيدة المخرج: بطى المنقار وآكل النمل الشوكى*

ب-طويئفة الثدييات الرئيسية SUBCLASS: THERIA

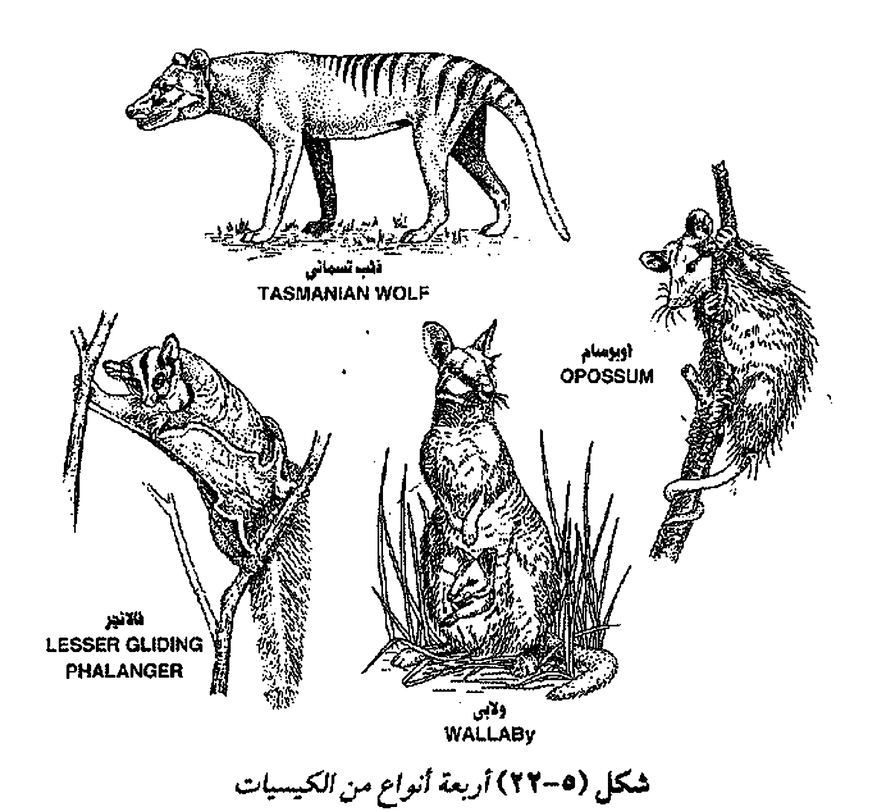
وتضم دون طائفتى الثدييات البعدية والحقيقية أو المشيمية.

١-دون طائفة الثدييات البعدية INFRACLASS: METATHERIA

وهى الثدييات الكيسية وتتبعها رتبة واحدة هى رتبة الكيسيات: **Order Marsupialia**، مثل الأبوسام **opossum** فى أمريكا، والكنغر **kangaroo** والكؤالا **koala** وذئب تاسمانيا (شكل ٥-٢٢) **Tasmanian wolf** فى أستراليا. وهى ثدييات -وإن كانت تلد- إلا أنها تضع صغارها غير كاملى النمو **premature**، وتكمل تلك الأجنة نموها داخل كيس **pouch (marsupium)** فى منطقة بطن الأم.

٢-دون طائفة الثدييات الحقيقية INFRACLASS: EUTHERIA

وهى ثدييات مشيمية **placental mammals**، فيها مشيمة يتعلق بها الجنين بجدار الرحم **uterus** الدخلى، ويغذى بواسطتها، فتوصل إليه المواد الغذائية والأكسچين من دم الأم وتعيد لدم الأم الفضلات وثانى أكسيد الكربون. أى أن المشيمة



شكل (٥-٢٢) *أربعة أنواع من الكيسيات*

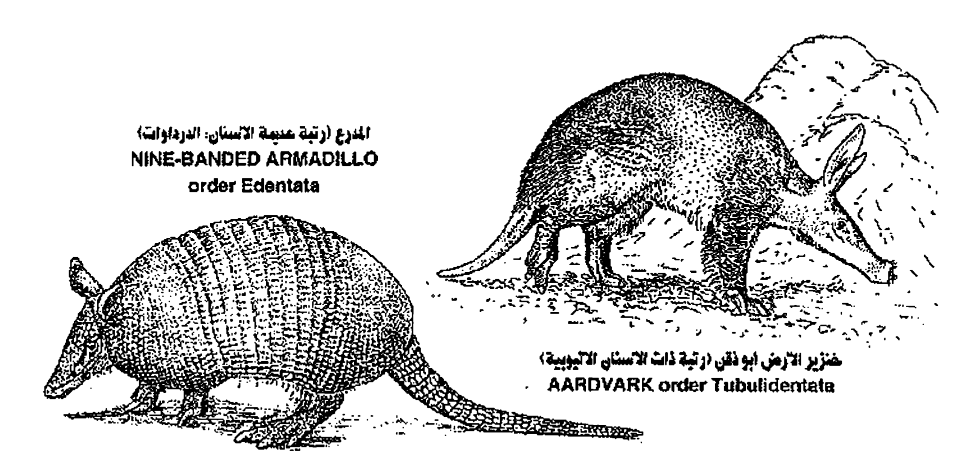
عضو تغذية وتنفس. وتتكون المشيمة من جزء جنينى من الكوريون وجزء أموى **maternal** من جدار الرحم: **uterine wall**، وتتلامس الأوعية الدموية فى الاثنين، ولكن دون اختلاط للدم بينهما. ويتم سريان المواد بواسطة عملية الانتشار **diffusion**.

تنقسم الثدييات المشيمية إلى ١٦ رتبة من ثدييات متنوعة، تختلف فى بيئاتها وتغذيتها وطرق معيشتها وغير ذلك. نذكر فيما يلى نبذة عن بعض الرتب **Orders** الهامة المألوفة:

١- رتبة آكلات النمل **ORDER: EDENTATA** (شكل ٥-٢٣) مثل المدرع **armadillo** والكسلان **sloth**.

٢- رتبة الأرنبيات **ORDER: LAGOMORPHA**، منها الأرانب **rabbits** والأرانب البرية.

٣- رتبة القوارض **ORDER: RODENTIA**، منها السنجاب **squirrel** والفئران **rats** والجرذان **mice**.



شكل (٥-٢٣) *نوعان من الثدييات آكلة الحشرات، يتبعان رتبتين مختلفتين*

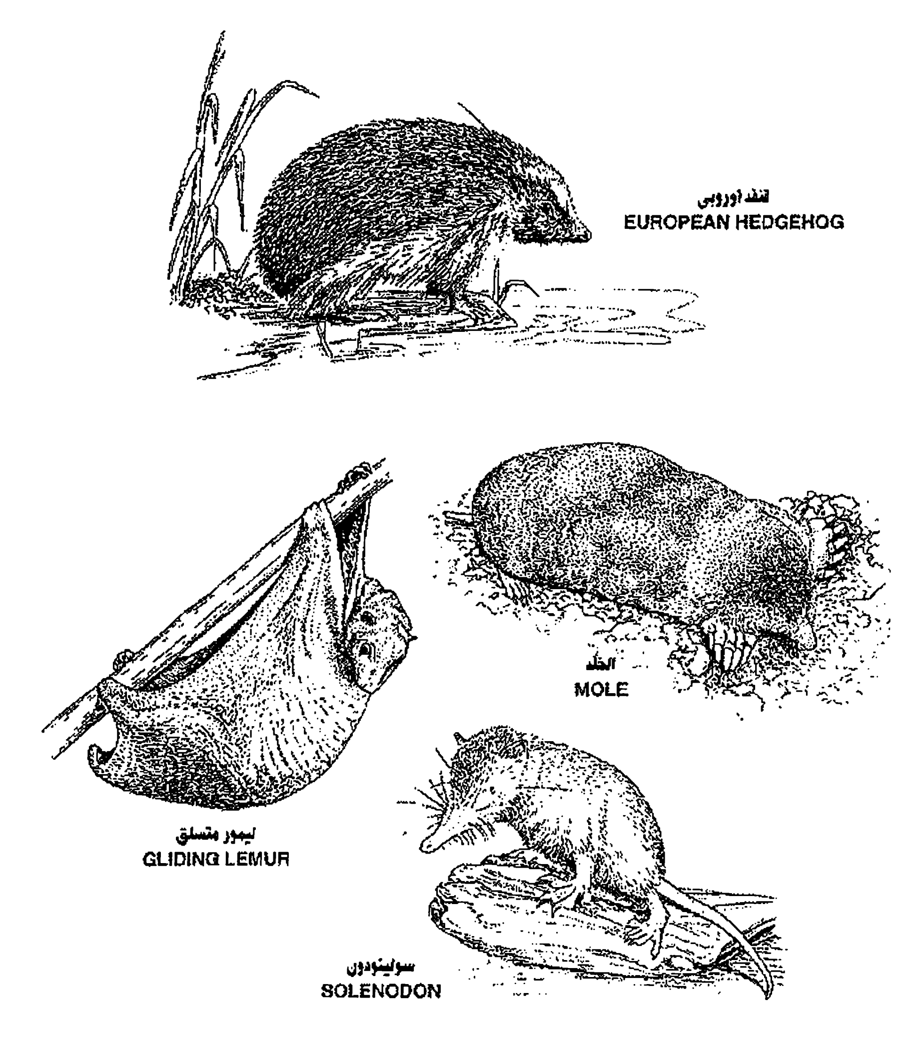
٤-رتبـة آكـلات الحشـرات **ORDER: INSECTIVORA** (شكل ٥-٢٤)، مـثل الذباب **shrew**، والقنفذ **hedgehog** والخلد **mole**.

٥-رتبة آكـلات اللحم **ORDER: CARNIVORA** (شكل ٥-٢٥)، مـثل الكلاب والقطط والذئاب، والدببة والعرس **weasel** والنمور والأسـود والفهد، كما تشـمل أنواعا عديدة ذات فراء (الثعالب، والمنك).

٦-رتبة الخفافيش **ORDER: CHIROPTERA** وتشمل الخفافيش **bats** (شكل ٥-٢٦)، وهى الثدييات الوحيدة الطيارة، فيها الأطراف الأمامية تحورت، الأصابع من ٢ إلى ٥ واستطالت لتدعم غـشاء جلديا رقيقا يطير به الخـفاش. الإصبع الأول (الإبهام) قصير وله مخلب.

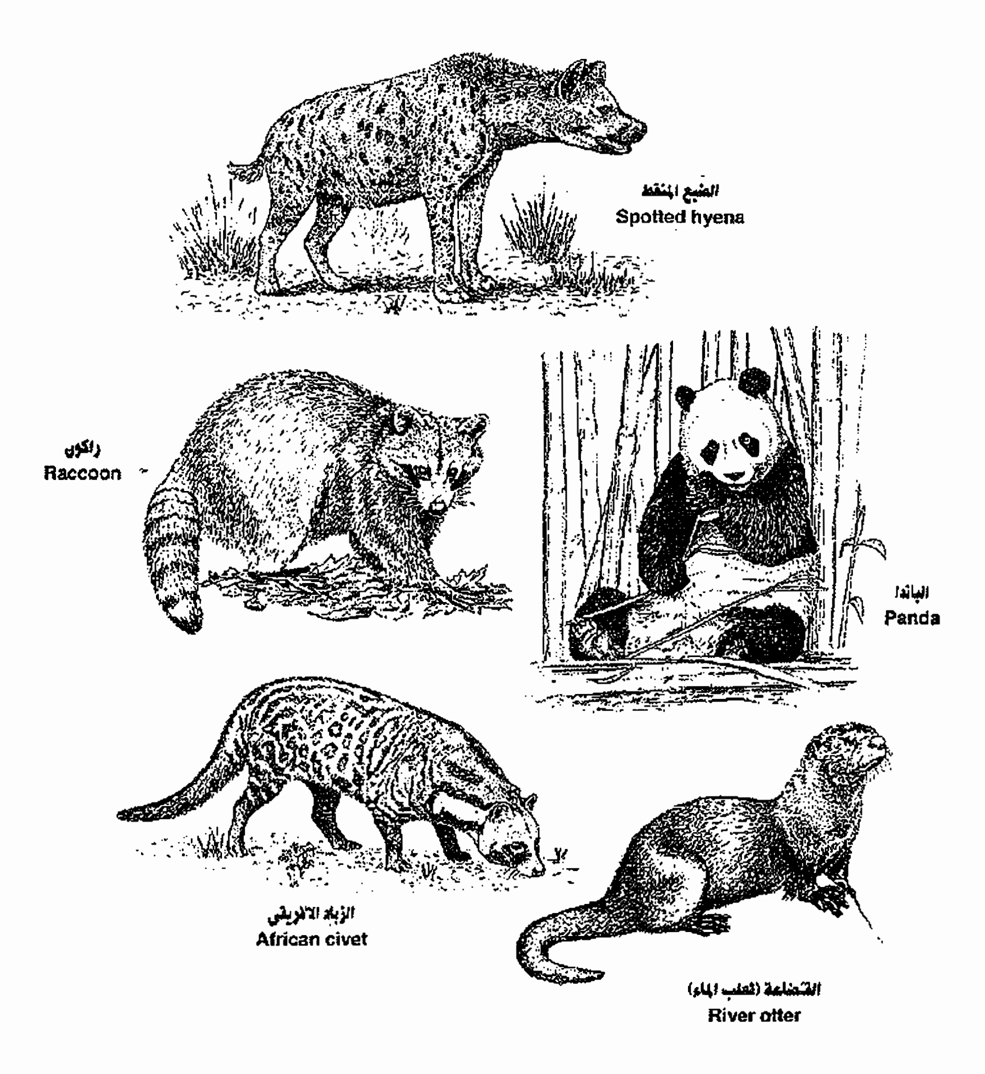
٧-رتبـة الرئيسـيات **ORDER: PRIMATA** وهى أرقى الثـدييات، تشـمل الليمـورات **lemurs**، والقـردة **monkeys**، والقـردة العـليـا **apes** وهى الشـمبـانزى **chimpanzee** والغـوريلا **gorilla** والأورانج أوتان **orange-utan** (إنسـان الغابة).

٨-رتبـة الحـيتـان **ORDER: CETACEA** (شكل ٥-٢٧) وهى ثدييـات بحـرية تشبـه الأسمـاك. وتضم الحـيتـان **whales** والدولفـينات **dolphins** وخنازير البـحـر **porpoises**. الحيتان جلدها به شعـر قليل على الفم فقط، ولا توجد غدد بالجلد ماعـدا اللبنية وغدد العيـن. ولا يوجد صوان الأذن الخارجية، والأعين صغـيرة.



شكل (٥-٢٤) *أربعة أنواع من الثدييات آكلة الحشرات*

وتنقسم الرتبة إلى حيتان ذات أسنان **toothed whales** (دولفين، وخنازير البحر، وحوت العنبر أو سبيرم هويل **sperm whale**)، وحيتان البالين عديمة الأسنان **(balleen whales)**، وهى عادة أكبر من الحيتان السنية، منها الحوت الأزرق ويعتبر أكبر الحيوانات التي عاشت على الأرض. وبدلا من الأسنان فإن حوت البالين له تركيب متميز يعمل كمصفاة يسمى عظمة البالين تتصل بسقف الحلق، وتستخدم لتصفية الكائنات البحرية الدقيقة من الماء.

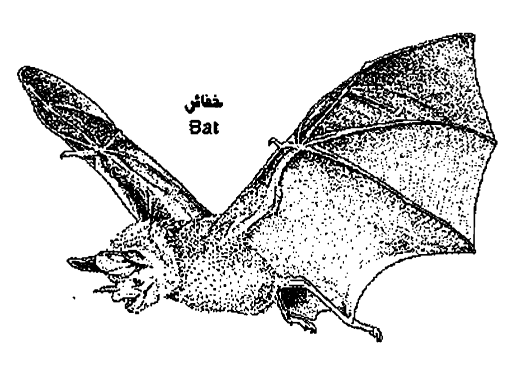


شكل (٥-٢٥) *أمثلة من أربع فصائل من الثدييات آكلة اللحم الأرضية. الباندا تنتمى إلى فصيلة الراكون*

٩-رتبة الخرطوميات **ORDER: PROBOSCIDIA** تضم الأفيال **elephants**، وهى أكبر الحيوانات الأرضية الموجودة حاليا. تستطيل سنتا القواطع العلويتان لتكونا ما يعرف بأنياب الفيل **tusks** ويوجد نوعان من الفيلة: الفيل الهندى وله آذان صغيرة، والفيل الأفريقى وآذانه كبيرة.

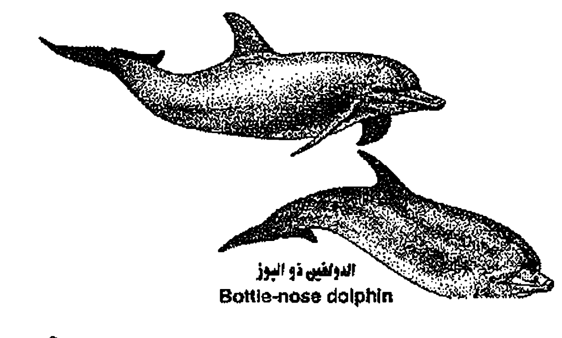
١٠-رتبة الثدييات الحافرية ذات الإصبع الفردى **ORDER: PERISSODACTYLA (ODD-TOED)** (شكل ٥-٢٨) وبها عدد فردى من الأصابع لكل حافر قرنى

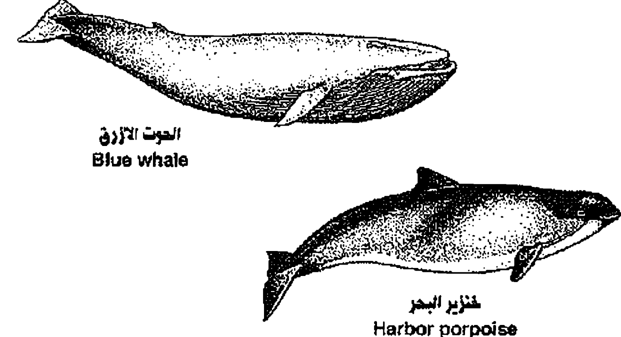
(واحد أو ثلاثة). مثل الخيل والحمير asses والحمير الوحشية zebras والتابير tapirs ووحيد القرن rhinoceros وكلها آكلة العشب.



شكل (٥-٢٦) *خفاش (رتبة الخفافيش)*

١١-رتبة الحافريات متساوية الأصابع ORDER: ARTIODACTYLA (EVEN-TOED) (شكل ٥-٢٩) مثل الخنزير swine والجمل camel والغزلان deer وفرس النهر Hippopotamus والماشية cattle والأغنام sheep والماعز goats. معظم هذه الحافريات لها إصبعان بالرغم من أن فرس النهر وأنواع أخرى لها أربعة أصابع. ويغلف كل إصبع حافر قرنى،

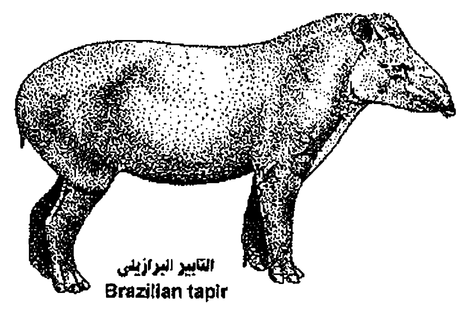




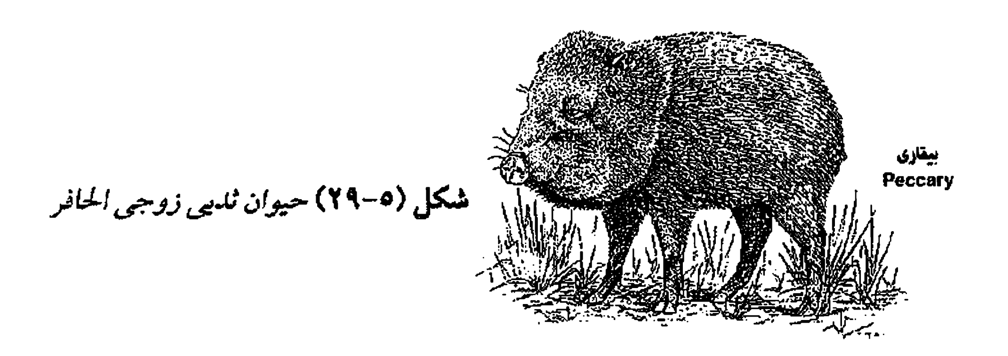
شكل (٥-٢٧) *أنواع من الحيتان*

وكثير منها له قرون مثل البقرة والغزال والأغنام، والكثير منها مجترة ruminantes، وهى حيوانات آكلة عشب أيضا.



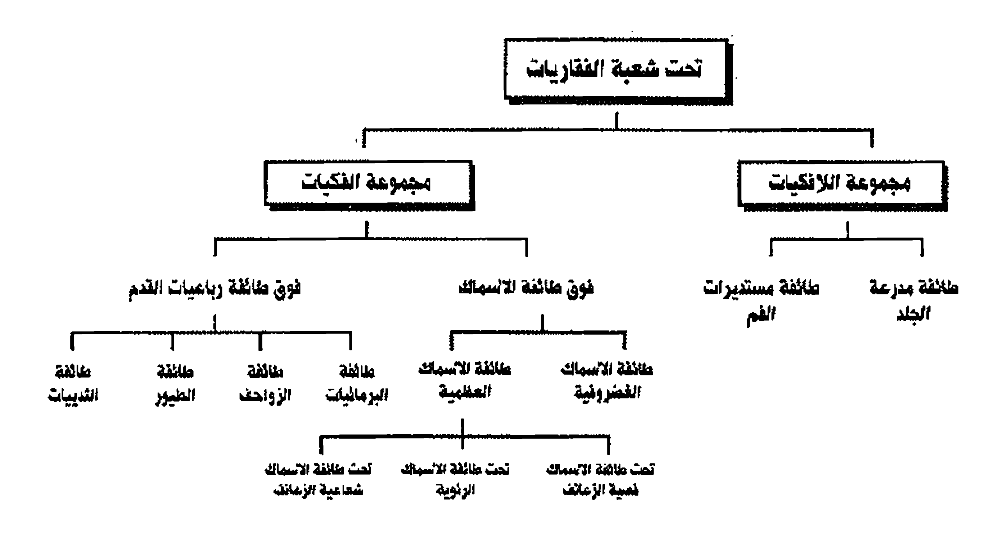


شكل (٥-٢٨) *نوعان من الثدييات فردية الحافر*



شكل (٥-٢٩) *حيوان ثديى زوجى الحافر*

وفيما يلى تصنيف الفقاريات بشكل مبسط :



الفصل الثالث والعشرون

الجهاز الهيكلى والجهاز الجلدى

الجهـاز الهيكـلى

SKELETAL SYSTEM

يتركب الجهاز الهـيكلى من غضروف **cartilage** وعظم **bone** وأوتار **tendons** وأربطة **ligaments**. يبقى الهيكل كله غـضروفيا فى حالة الأسماك الغـضروفية، ويتم ترسيب أمـلاح الكالسيوم لتـدعيمه وتقـويته. فى الأسمـاك العظمية ورباعيـات القدم، يتكون معظم الهيكل من العظم؛ عظم بديل **replacing bone** يحل محل عظام الجنين الغضروفية، وعظم غشائى **dermal bone** يتكون مباشرة فى النسيج الضام دون المرور على الطور الغضروفى.

ينقـسم الهـيكل عـمومـا إلى هيكل مـحـورى **axial skeleton** وهيكل طرفى **appendicular skeleton**؛ الهيكل المحـورى عبارة عن الجـمجمـة التى تتكون حول الدماغ والعـمود الفـقرى **vertebral column** الذى يتكون حول الحـبل الظهرى وقد يحل محله كلية ويدعم الحبل الشوكى، وذلك بالإضافة إلى القص **sternum** والضلوع **ribs**. والهيكل الطرفى يشمل هيكل الحـزام الصدرى والحزام الحوضى وهيكل الأطراف الأمامية والخلفية.

أ- الجهاز الهيكلى المحورى Axial Skeleton

١- العمود الفقرى

يتكون العمود الفقرى من فقرات **vertebrae** تتمفصل مع بعضها لتكون مرونة العمود الفـقرى، فيسمح بالحـركة التموجية الجـانبية فى جذع الأسمـاك، وفى رباعيات القدم، بالإضافة إلى الحركـة الجانبية فإن الحياة على الأرض تستلزم حـركة ظهرية بطنية يؤديها العمود الفقرى.

الفقرات Vertebrae

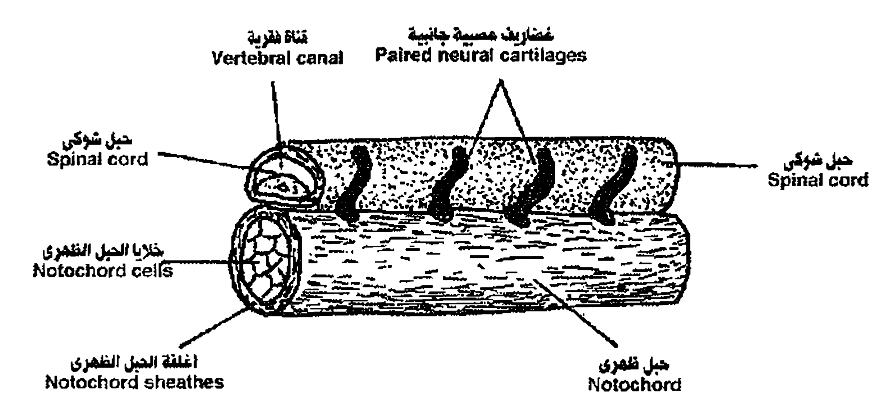
تتركـب الفقرة مـن جسم الفـقرة **centrum** والقوس العـصبى **neural arch** بالإضافة إلى بروزات عرضية **transverse processes** تمتد جانبيا فى الحاجز الأفقى الذى يفـصل بين العـضـلات الظهـرية والبـطنيـة. وتوجـد زوائد ذات أسطح تمفـصل

zygapophyses فـوق فـقـرات الجـذع أسـاسـا فى رباعـيـات القـدم، زوج أمـامى **prezygapophysis** وآخر خلفى **postzygapophysis**، وذلك لاتصال الفـقرات مع بعضها البعض.

ذلك التمفـصل يمثل هذه الأسطح يحد من الحركة الظهرية البطنيـة لمنطقة الجذع. فى رباعيات القدم، تغيب تلك البروزات من فقرات الذيل؛ ولذلك فهو مرن إلى درجة كبيـرة. توجد بروزات جانبية تسمى بروزات جـار فقرية **parapophyses** من فقرات بعض الرهليات، خصوصا الثعابين، وهى تمثل اتصال بعض الأوتار والعضلات.

الجلكى **Petromyzon (lamprey)** :

فى الجلكى يبقى الحـبل الظهرى طوال حياة الحيـوان اليافع ممثلا تدعيما للهيكل الرئيسى، وتتكون أجـزاء غضروفية مـزدوجة أعلى الحبل الظهرى، وعلى جـانبى الحبل الشوكى (شكل ٥-٣٠). وتمثل تلك الأجزاء الأقـواس العصبية فى الفقرات الحقـيقية. ويحيط الحـبل الظهرى غـلاف من نسيج ضـام ليفى **fibrous connective tissue** ثم طبقة نسيج ضام مرن **elastic connective tissue**.. وذلك تدعيما للحبل الظهرى.

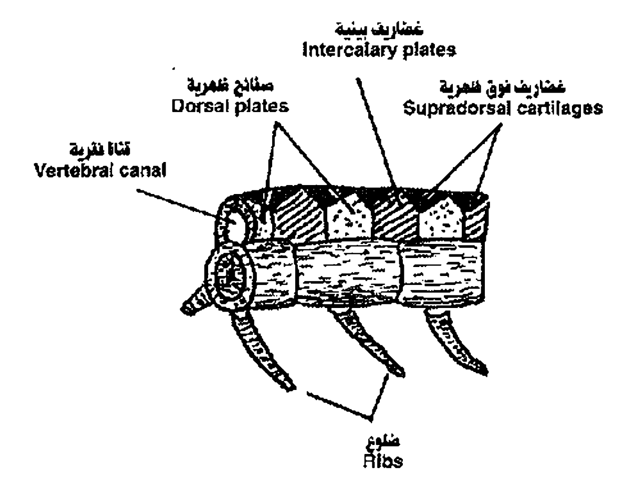


شكل (٥-٣٠) *منظر جانبى لجزء من الحبل الظهرى والحبل الشوكى والغضاريف الجانبية فى الجلكى*

كلب السمك **Dogfish**

يظل الحبل الظهرى على طـول العمود الفقرى ويكون منحـصرا بداخل جسم كل فقرة تكون مقـعرة الوجهين **amphicelous**. الحبل الشوكى يمتـد داخل قناة فقارية أو عصبية **vertebral canal**، تنشأ عن تكون صفائح زوجية ظهرية **dorsal plates** التى

تكون القوس العضبى، وصفائح بينية **intercalary plates** بين الأقواس. وفى بعض الأنواع تتكون غضاريف فوق ظهرية **supradorsal cartilages** (شكل ٥-٣١).



شكل (٥-٣١) *العمود الفقرى والأجزاء الملازمة فى كلب السمك*

الأسماك العظمية Bony fishes

يتكون العمود الفقرى هنا من فقرات كاملة التعظم مقعرة الوجهين **amphicoelous**. كل فقرة بها تجويف يحتوى على بقايا الحبل الظهرى **notochord** والمنطقة بين الفقرات المتتالية توجد بها مادة متبقية تشبه الغضروف، من المحتمل أن تحتوى بقايا أنسجة من الحبل الظهرى. أجسام الفقرات وأقواسها العصبية ترتبط مع بعضها بواسطة جهاز معقد من الأربطة الكولاجينية المرنة، لتسهل الحركة التموجية الجانبية لجسم السمكة أثناء الحركة.

لا توجد حركة بين الجمجمة وأول فقرة، فهما متصلتان بواسطة غضروف أو نسيج ضام غير مرن **non-elastic connective tissue**

العمود الفقرى فى رباعيات القدم

التخصص فى المناطق Regional specialization

مع الحياة فوق الأرض والتغيرات المورفولوجية فى الأجهزة المصاحبة لها، أدت إلى تخصص فى مناطق العمود الفقرى. بالإضافة إلى ذلك فإن الفقرة الأولى تتمفصل

حركيا مع الجمجمة، حيث توجد الحواس التي تستجيب للمؤثرات البيئية وتستلزم حركة الرأس.

ظهرت فقرات الرقبة **cervical vertebrae**، ووُجدت الفقرات الصدرية **thoracic vertebrae** التي تتصل بها الضلوع التي تكون قفصا صدريا لحماية القلب والرئتين، وتشارك في التنفس الخارجي. ويلي ذلك الفقرات القطنية **lumbar vertebrae** ثم العجزية **sacral** التي ترتكز عليها عظام الحزام الحوضي الذي يدعم هيكل الطرف الخلفي ليدعم ارتكاز الجسم على الأرض. في رباعيات القدم، نجد أن الثعابين لديها أكثر عمود فقري عددا في الفقرات، الذي قد تصل فقراته إلى ٤٠٠ فقرة. الضفادع والعلاجيم لها أقصر عمود فقري. في حالة الطيور والسلاحف، تكون الفقرات الرقبية والذيلية فقط هي المتحركة. أما فقرات الجذع، فإنها تلتحم مع العظم العجزى الملتحم **synsacrum** في الطيور، ومع القصعة في السلاحف.

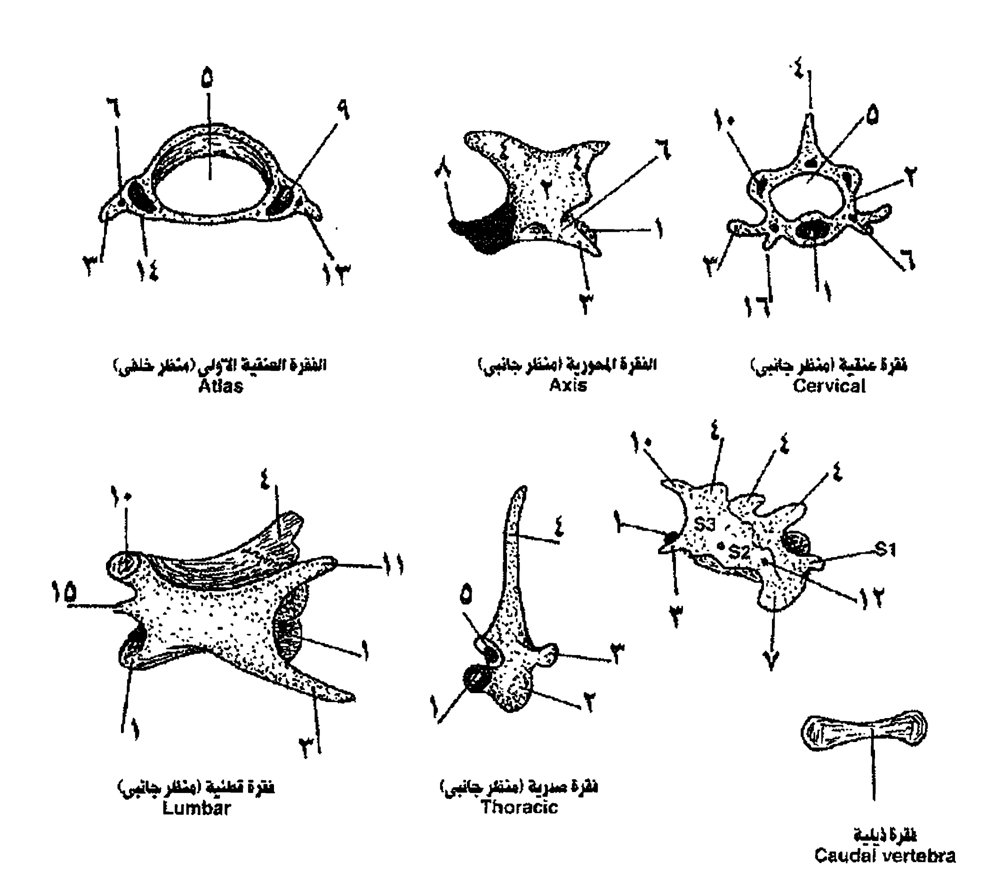
الفقرات العنقية

اتصال الجمجمة بالعمود الفقري

توجد فقرة واحدة عنقية في البرمائيات وليس بها بروزات عرضية ولا أسطح تمفصل أمامية: **prezygapophyses**، ولكنها تحمل أماما سطحين مقعرين **concave facets** تتمفصل بهما لقمتان خذاليتان **occipital condyles** للجمجمة. ونوع هذا التمفصل يسمح بحركة ظهرية بطنية محدودة للجمجمة، وهي خاصية غير موجودة بالأسماك.

منطقة الرقبة طويلة ومرئية في الرهليات، وبها العديد من الفقرات العنقية. الفقرتان الأولتان متحركتان، لتسمحا بحركة مستقلة للرأس. الفقرة الأولى تسمى الفهقة **atlas** والثانية هي المحورية **axis** (شكل ٥-٣٢). الأولى تشبه الحلقة، وعلى سطحها الأمامي يوجد تجويف أو تجويفان للتمفصل مع اللقمة القذالية الوحيدة في جمجمة الزواحف والطيور، أو مع لقمتين في حالة الثدييات.

جسم الفقرة الأولى -باستثناء الثعابين- قد أصبح البروز السنى **odontoid process** للفقرة الثانية وهي المحورية. هذا البروز يمتد أماما ليرقد فوق الفهقة ويثبته رباط عرضى ليفي **fibrous transverse ligament**. البروز الذي يمثل محورا تدور عليه الجمجمة والفقرة العنقية كوحدة واحدة. وهذا الدوران يسهله اختزال أو غياب أسطح التمفصل الأمامية والخلفية على الفقرة العنقية الأولى أو الفقرتين. وتصل درجة الدوران إلى أقصى حد لها بين الثدييات.



شكل (٥-٣٢) رسم تخطيطي يوضح فقرات القط في المناطق المختلفة

١	جسم الفقرة	centrum	٩	سطح تمفصل الفقرة المحورية	
٢	قوس عصبي	neural arch	١٠	سطح التمفصل المزدوج الخلفي	postzygapophysis
٣	بروز عرضي	trasverse process	١١	سطح التمفصل المزدوج الأمامي	prezygapophysis
٤	شوكة عصبية	neural spine	١٢	ثقب بين فقري	intervertebral foramen
٥	قناة فقرية	vertebral canal	١٣	نتوء جانبي	diapophysis
٦	ثقب عرضي	trans. foramen	١٤	نتوء ثانى	parapophysis
٧	مكان التصاق العظم الحرقفي		١٥	بروز إضافي	accessory process
٨	بروز سني	odontoid process	١٦	بقايا ضلع عنقي	vestigial cervical rib
				فقرات عجزية	S1, S2, S3

مرونة الحركة في رقبة الطيور والسلاحف تعتبر حالة خاصة؛ وذلك لأن الفقرات تتمفصل على أسطح خلفية لأجسام الفقرات تشبه سرج الفرس **saddle-shaped**، تتلاءم مع أسطح أمامية تقابلها، وتسمى فقرات غير متجانسة الأسطح

heterocoelous. وتسمح تلك المفاصل كثيـرا بالانثناء الجانبى للرقبة، وكذلك الانثناء الظهرى البطنى. وعـلى عكس المرونة العالية فى الرقـبة بين الطيور، فـإن بقية العـمود الفقرى متماسك جدا.

الثدييات بها دائما سبع فقرات عنقية سواء طالت الرقبة كما فى الزرافة أو قصرت كما فى الفئـران. الفقرات العنقية فى الطيور والثدييـات تكون مزودة بثقب عرضى بين رأس الضلوع العنقـية الضـامـرة. والثقـوب المتـابعة تكون مـعـا قناة شريانيـة فقـرية **vertebrarterial canal**، توصل الشريان الفقرى والوريد الفقرى من الدماغ وإليه.

العجز وحفظ توازن الطرف الخلفى

Sacrum and stabilization of hind limb

الفقرات العـجزية لها بروزات جانبية قـصيرة وعريضة، وهى قوية حـتى تتحمل ضغوط الحـزام الحوضى عندما يندفع الطرف الخلفى فوق الأرض فى حـالة الحركة. فى البرمـائيات توجد فقـرة عجزية واحدة. الزواحف ومـعظم الطيور لديها اثنتـان. معظم الثدييات لها مـن ٣-٥ فقرات عجزية. حينما يوجـد أكثر من فقرة عجـزية، فإنها عادة تتحد فى عظمة واحـدة تسمى العجز **sacrum** (شكل ٥-٣٢) لا تتميز فـقرات عجزية فى حـالة عدم وجود أطـراف خلفيـة. كما فـى الزواحف عديمـة الأطراف والحيـتان. الثعابين يكون فـيها تميز العمود الفـقرى قليلا على امتداده، فـجميع الفقرات متـشابهة كثيرا، وكلها تحمل ضلوعا طويلة تستخدم فى الحركة.

فى الطيور تتحـد الفقرة الصدرية الأخيـرة مع جميع الفقرات القطنيـة والفقرتين العجزيتين وقليل من الفقرات الذيلية الأمـامية مكونة العجز المتحد **synsacrum**، الذى يتحـد بدوره مع الحزام الحوضى، فيـتكون بذلك إطار قوى متمـاسك يدعم ثقل الجسم فوق رجلى الطائر.

الفقرات الذيلية Tail (Caudal) vertebrae

فى حالة الضـفادع والعلاجيم، توجـد عظمة ذيليه فريدة تسـمى عظمة الذيل أو قلم الذيل **urostyle** فى آخـر العمـود الفـقرى، وهى تتكون مـن اتحاد فـقرات بعـد عجزية. فى الزواحف يوجد العـديد من الفقرات الذيلية. السحالى لديهـا خاصية ترك جزء من الذيل عند الإمساك به وتهرب ثم يتم تجدد الجـزء المفقود فى عملية تجديد ذاتى **autotomy**.

فى الطيور يوجد ذيل ولكنه غير بارز. توجد ١٥ فقرة ذيلية فى الحمام، خمس منها ملتحمة مع عظمة العجز، ست فقرات منفصلة، والأربعة الأخيرة متحدة مع بعضها لتكون القلم الذيلى **pygostyle**، وهو هيكل الجزء المرئى من الذيل.

فى حالة الثدييات، يتنوع عدد الفقرات الذيلية من ثلاثة إلى خمسين. ذيل الحركة فى حوت السبيرم به أربع وعشرون فقرة.

فى جميع رباعيات القدم، تتدرج الأقواس العصبية والبروزات العرضية فى القصر والضمور نحو نهاية الذيل، حتى تصبح الفقرات عبارة عن أجسام أسطوانية صغيرة فقط (شكل ٥-٣٢).

فى الرئيسيات العليا **apes** وفى الإنسان، توجد أربع أو خمس فقرات ضامرة تُقارن بقلم الذيل فى الطيور. تلك الفقرات ليس بها أقواس عصبية ولكن معظمها به زوائد عرضية مختزلة. الفقرات الثلاث أو الأربع الأخيرة تصغر كثيرا فى الحجم، وفى الإنسان تلتحم مع بعضها مكونة العصعص **coccyx**. قردة ريسوس **rhesus** لديها ذيل قابض **prehensile**.

٢-الضلوع Ribs

تتمفصل الضلوع مع الفقرات، وتمتد فى جدار الجسم، الجزء القريب للفقرة يتكون بين القطع الميزودرمية.

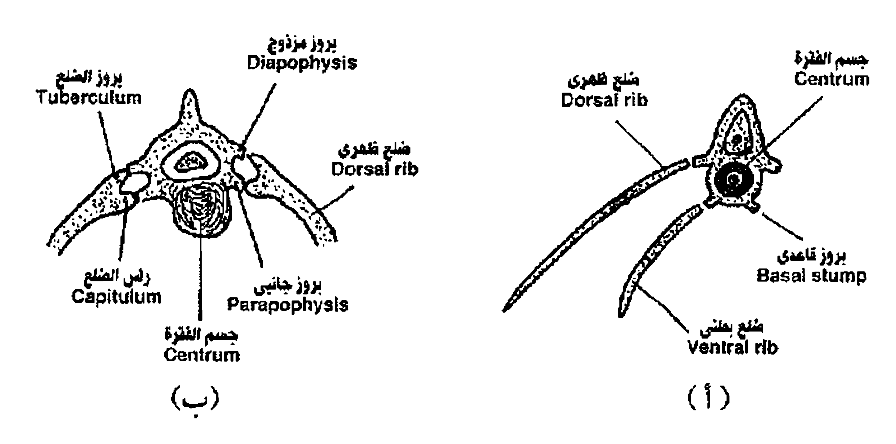
فى بعض الأسماك العظمية، يوجد زوجان من الضلوع مع كل فقرة جذعية، زوج ظهرى وآخر بطنى (شكل ٥-٣٣أ). الضلوع الظهرية **dorsal ribs** تمتد جانبيا فى الحاجز الأفقى الذى يفصل بين العضلات العليا **apaxial mm**، والعضلات السفلى **hypaxial mm**. الضلوع البطنية تتكون فى الحواجز العضلية **myosepta**، وتتقوس بطنيا فى جدار الجسم الجانبى، خارج البريتون الجدارى مباشرة. بدءا بالقرب من الشرج، كل زوج من الضلوع البطنية أو من أجزائها القاعدية يتحد أسفل جسم الفقرة مكونا القوس الدموى **hemal arch**، يحيط بالشريان والوريد الذيليين حتى نهاية الذيل.

معظم الأسماك بها ضلوع بطنية فقط. والقروش بها ضلوع ظهرية فقط. القويعيات **skates** وبعض الأسماك العظمية مثل فرس البحر **sea horse** ليس بها ضلوع.

ضلوع الأسماك ربما تثبت الحواجز بين العضلية، وبذلك تزيد من كفاءة العضلات التى تستخدم فى الحركة.

فى رباعيات القدم المبكرة، كانت الضلوع توجد فى معظم قطع الجسم، من الفقرة الأولى حتى نهاية الذيل تقريبا. أثناء التطور، أصبحت الضلوع منحصرة فى العدد والمنطقة. وتلك فى المنطقة الأمامية من الجذع فى حالات الرهليات تتصل بطنيا مع دعامة القص.

معظم ضلوع رباعيات القدم ثنائية الرأس **bicipital** (شكل ٥-٣٣ب)، لها رأس ظهرى أو البروز **tuberculum** وآخر بطنى هو الرأس **capitulum**. يتمفصل الرأس مع نصف سطحى تمفصل **demi-facets** فى كل فقرتين متتاليتين، ويتمفصل البروز مع البروز العرضى.



شكل (٥-٣٣) رسم تخطيطى يوضح :
(أ) الضلوع الظهرية والبطنية فى الأسماك العظمية.
(ب) الضلوع ذات الرأسين **bicipital** فى رباعيات القدم.

الضلوع الصدرية فى الرهليات تكون قطعتين تسميان الضلع الظهرى أو الضلع الصدرى **costal** والضلع البطنى أو الضلع القصى **sternal**، الذى يبقى عادة غير متعظم وبالذات فى الثدييات.

فى البرمائيات، توجد الضلوع فى معظم العمود الفقرى فى حالة عديمة الأرجل. وفى حالة الذيليات والضفادع أصبحت قصيرة جدا وتلتحم فى الضفادع مع أطراف البروزات العرضية، فتبدو كأنها غائبة.

فى حالة السلاحف بين الزواحف، لا توجد ضلوع عنقية. وضلوع الجذع تلتحم مع صفائح القصعة، ما عدا الضلوع العجزية التى تلتحم فى الحزام الحوضى.

الثعابين بها ضلوع طويلة مقوسة، تبدأ من الفقرة المحورية وتمتد حتى الذيل. ولا يوجد قص تتصل معه الضلوع، ولكن الأطراف البطنية لهـا اتصالات حبلية مع صفائح **scutes** وتشترك فى الحركة. فى حالة الكـوبرا نجد أن الضلوع الطويلة فى الرقبة يُمكنها أن تدور نحو الخارج لتجعل الرقبة تمتد.

الضلوع فى السحالى والتماسيح طويلة على كثـير من فقرات الجذع، وقصيرة فى معظم الرقبة.

فى الطيور لا توجد قطع قصية للضلعين الأماميين، وتكون متحركة فى معظمها، وثابتة فى بعض الأنـواع ملتحمـة مع الفقرات العنقـية. الضلوع الخـمسة التـالية ضلوع صدرية، والقطع القصية عظميـة. وتلك تكون الجزء الأكبر من السلة الصدرية. الضلوع التى تتكون خلف تلك تلتحم مع العجز المتصل **synsacrum**.

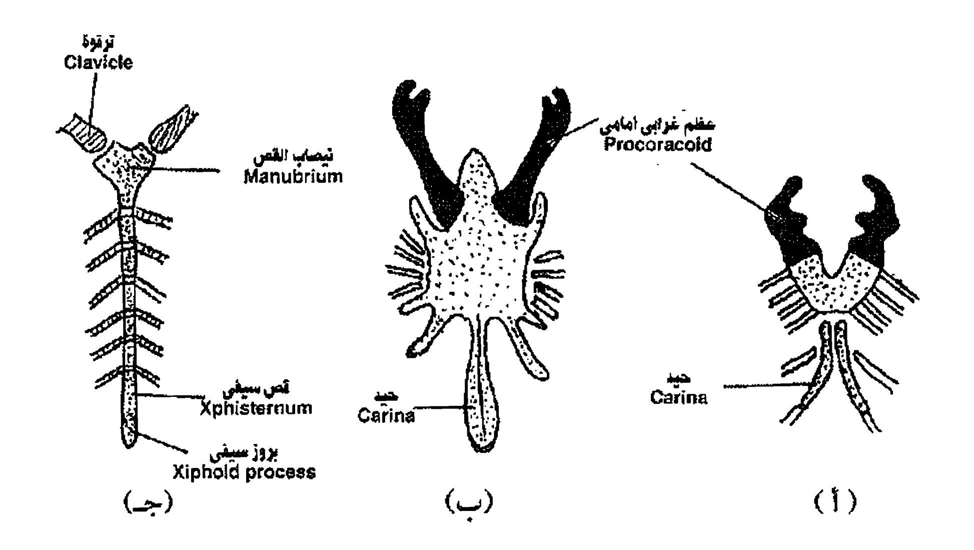
الثدييـات بها ضلوع صـدرية فقط، يتفـاوت عددها بين تسـعة أزواج فى بعض الحيتـان إلى أربعة وعشرين فى مـعظم أنواع الكسلان **sloths**. ولكن الشائع اثنا عشر زوجا. حينمـا يزيد العدد عن عشرة، تكون الضلوع الأخـرى طافية **floating**، أى أن الغضاريف الصدرية (الضلوع البطنية) -إن وجدت- لا تصل إلى القص.

فى الإنسان والقـردة العليا **apes**- ما عدا إنسـان الغـابة **Orang utan** يوجـد اثنا عشـر زوجا من الضلوع الصدرية. والقـردة العليا لديها ضلعان إضـافيان قصـيان. الإنسان كـثيرا مـا يكون لديه زوج إضافى عنقى أو قطنى. الضلوع الصـدرية تعمل فى التنفس بين معظم الرهليات.

٣-القـــص Sternum

عبارة عن تركيب فى رباعيـات القدم، وأساسا فى الرهليات (شكل ٥-٣٤) وهو يعمل أولا كمـوقع بطنى ويستطيل كى يستند عليـه الحزام الصدرى فى احتضـانه منطقة الصدر بـالفقاريات الأرضـية. وعلى ذلك فـإن حجـمه وشكله يرتبطان بالدرجـة التى تتحرك بهـا الأطراف الأمامية؛ ولذلك فهو غـير موجود بالبرمائيـات والزواحف عديمة الأطراف. كما أنه ضامر أو غائب فى الذيليات.

فى حالة السحالى (شكل ٥-٣٤أ) يكون القص عـبارة عن درع من الغضروف أو العظم. فى التـمـاسيح يمـتـد من القص غـشاء ليـفى **fibrous membrane** مدعم بالأملاح. السلاحف تفتقر إلى القص، حيث إن الحزام الصدرى لها يتحد بطنيا بواسطة أشرطة ليفية، أو بمجرد وتر غضروفى **cartilaginous tendon**.



شكل (٥-٣٤) يوضح القص في :
(أ) الزواحف. (ب) الطيور. (جـ) الثدييات.
الأجزاء المنقطعة هي أجزاء القص، الذي يتمفصل أماما مع مكونات الحزام الصدري، وجانبيا مع الضلوع

القص في الطيـور التي تطير مـزود بعرف وسطي بارز مـثل الدفة **keel**، يسمى الحيد **carina** (شكل ٥-٣٤ب)، حيث تتصل عضلات الصدر القوية الخاصة بالطيران.

القص في الثدييات يتكون من قطع عظميـة تسمى عظيمات القص **sternebrae** (شكل ٥-٣٤جـ) ما عدا في الحـيتان. العظيمـة الأخيرة تسمى العظمـة القصية السيـفية **xiphisternum**، وتحمل بروزا غـضروفيا أو عظمـيا يسمى البروز السـيفي **xiphoid process**. في جمـيع الرهليات، يتـصل بالقص عدد مخـتلف من الضلوع عن طريق غضاريف ضلعية **costal cartilages**، قد تسمى ضلوع قصية **sternal ribs**، وتلك -بجانب القص والعمود الفقري- تزود الأحشاء الصدرية بإغلاق هيكلي.

٤- الجمجمة Skull

تنشأ الجمجمة في جـنين الفقاريات على خط أو نموذج واحد، مكونة من جزءين رئيسيين: الجمجـمة العصبية وهي تحيط بالدماغ وتحميها كـما تحيط وتحمي أعضاء الحس المزدوجة، والجمجمة الحشوية التي تنشأ مزدوجة في جدر البلعوم؛ ولذلك تسمى أقواسا بلعومية **pharyngeal arches** أو أقواسا حـشوية **visceral arches**. القوس الأول

هو القوس الفكى **mandibular arch** الذى يكوّن الفكوك (فيما عدا اللافكيات)، والثانى هو القوس اللامى **hyoid arch** الذى يدعم منطقة اللسان ويعلق الفكوك فى الأسماك، أو يتحور إلى أجزاء أخرى فى رباعيات القدم.

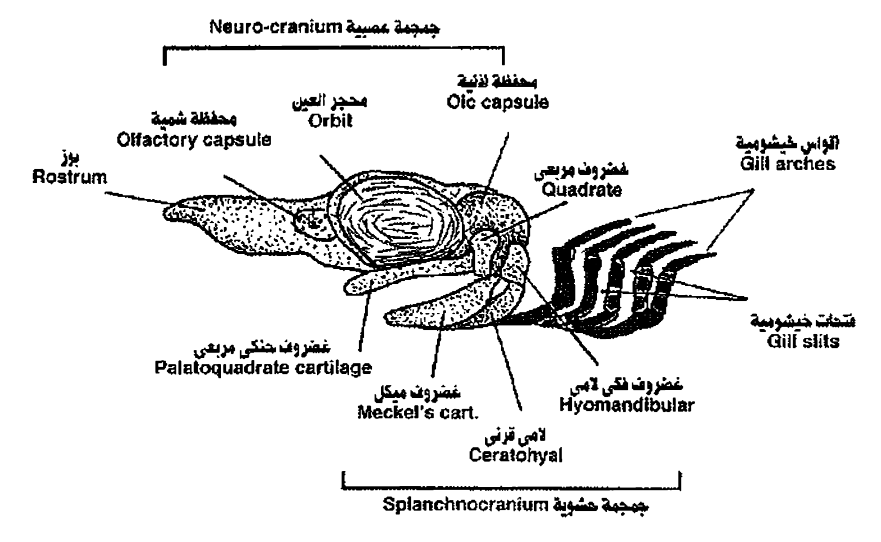
الجمجمة فى الأسماك الغضروفية مثل كلب السمك Dogfish

تظل الجمجمة العصبية والأقواس الحشوية كلها غضروفية فى الحيوان اليافع.

أ-الجمجمة العصبية Neurocranium

على شكل صندوق يحيط بالدماغ، ويمتد أماما فى بوز **rostrum**. وعلى الجانبين، أماما يوجد زوج من المحافظ الشمية **olfactory capsules**.

وفى الوسط يوجد تجويف على كل جانب يأوى العين، وخلفا يوجد زوج من المحافظ الأذنية **otic capsules**، يأويان أجزاء الأذن الداخلية (شكل ٥-٣٥).



شكل (٥-٣٥) *منظر جانبي للجمجمة الغضروفية فى الأسماك الغضروفية*

ب-الجمجمة الحشوية .Viscerocranium or Splanchnocr

القوس الأول أو القوس الفكى **mandibular arch** يكون الفك العلوى أو الغضروف الحنكى المربعى **palatoquadrate cart.** والفك السفلى أو غضروف ميكل **Meckel's cart.**

القــــــوس الــثـــــــانى أو الـلامى **hyoid arch** يتـكون من الـفكى الـلامى **hyomandibular** إلى أعلى الذى يتصل بالمحفظة الأذنية والقرنى اللامى **ceratohyal** أسفل منه.

الأقواس الخيشومية تدعم جوانب المنطقة التنفسية من البلعوم، وكل قوس مكون من عدة قطع غضروفية.

الجمجمة فى الأسماك العظمية:

يحدث تعظم فى أجـزاء من الجمجمـة الغضروفيـة الجنينية **chondrocranium** فتتكون عظام غضروفية **cartilage bones** أو عظام بديلة **replacing bones**، يتكون فوقهـا عظام فى الميزنكيم مباشرة ولا تمر على مـرحلة غضروفية، وتسمى عظامـا آدمية **dermal bones** أو غشائية **membrane bones**.

تتكون من هذين النوعين من العظام الجمجمة العظمية. الأقواس الخيشومية تبقى فى الطور اليافع لتدعيم منطقة الخياشيم التنفسية.

الجمجمة فى رباعيات القدم:

يتم تحور فى كلتـا الجمجـمتين العـصبيـة والحشوية. كـما حدث فى الأسـماك العظمية، يتم أيضا تكون عظام غضروفيـة بديلة فى بعض مناطق من الجمجمة الجنينية، وعظام أدمية أو غشائية، حيث تختـفى بقية المناطق الغضروفية. من هذه الأجزاء تتكون الجمجمة العظمية العصبية.

الجمجمة الحشوية

القوس الحشـوى الأول، يتم تعظم الجزء الخلفى من قسمـيه العلوى وهو الحنكى المربعى مكونا العظم المربعى **quadrate bone** والسفلـى وهو غضروف مـيكل مكونا العظم المفصلى **articular**. يتم التمفصل الفكى بين العظم المربعى والعظم المفصلى فى جميع رباعيات القدم، ما عدا فى الثدييات حيث يدخل الغضروف المربعى والمفصلى إلى التجويف السمعى **tympanic cavity** أو تجويف الأذن الوسطى ليشتـركا مع العويمود السمعى **columella auris** فى تكوين عظيمـات الأذن الوسطى الثلاثة **middle ear ossicles**، وهى الركاب **stapes** والسندان **incus** والمطرقة **hummer**. ويضاف إلى العظم المربعى والعظم المفصـلى فى فكوك رباعيات القدم عظام أدمـية تنشأ مبـاشرة من الميزنكيم، فتتكون الفكوك العظمية من هذه العظام البديلة والغشائية.

القوس الـلامى: يبقى الجـزء العلوى منه وهو الفكى اللامى **hyomandibular** متصلا بالمحفظة الأذنية (السمعـية) ويتم تعظم فيه مكونا العويمود السمعى بداخل الأذن

الوسطى، مغيرا وظيفته من تعليق الفكوك فى الأسـماك إلى توصيل الذبذبات السمعية. من طبلة الأذن إلى الأذن الداخـلية، مسـتـغـلا مكانه الأصلى وهو اتصـاله بالمحـفظة السمعية.

بقية أجزاء القـوس اللامى مع بعض أجزاء من الأقواس الخيشومـية تكون الجهاز اللامى الذى يدعم عضلات اللسان ومنطقة الزور.

الأقواس الخيشـومية: حيث إن رباعيات القدم تتنفس بالـرئات وليس بالخياشيم، فلا لزوم لتلك الأقـواس التى تختفى خـلال النمو إلى الطور اليافع، ويبـقى منها بعض أجزاء لتكون غـضاريف القصبـة الهوائية والحنجـرة، ويدخل بعضها فى تكوين الجـهاز اللامى كما ذُكِر من قبل.

ب-الجهاز الهيكلى الطرفى Appendicular skeleton

يضم هذا الجهـاز -كما ذُكـر من قبل- عظام الأطراف **limbs** أو الزعانف **fins** وعظام الحزام الصدرى **pectoral girdle** والحزام الحوضى **pelvic girdle**.

وسوف نذكـر نبذة مـختصـرة عن كل جزء من الهـيكل الطرفى بين الفـقاريات المختلفة.

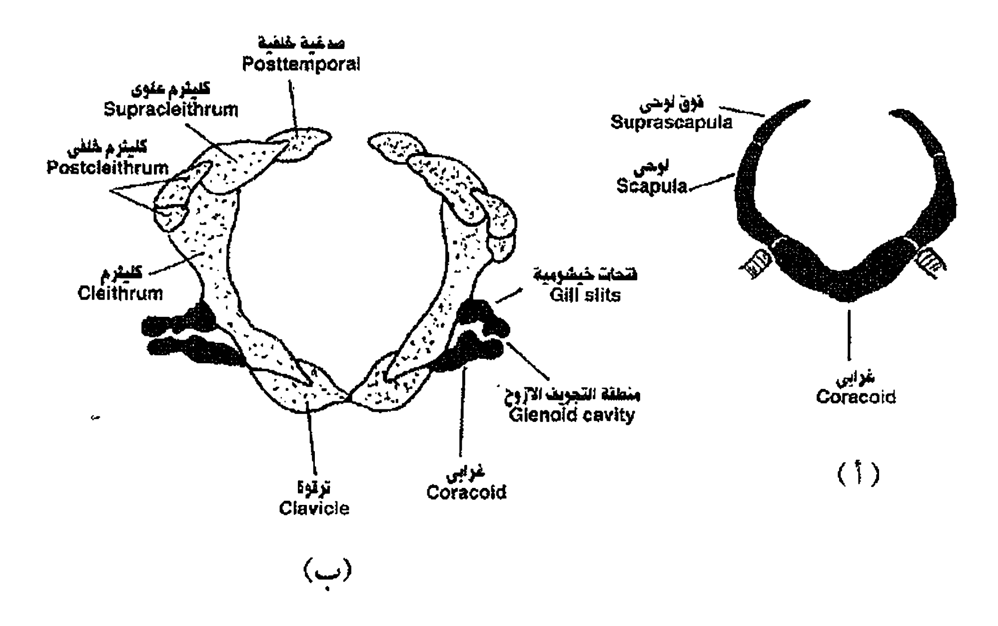
١ - الحزام الصدرى Pectoral girdle

النموذج الأساس فى الحزام الصدرى عـبارة عن تركيب هيكلى على شكل حرف "**U**"، يتمفصل معه الطرف الأمامى أو الزعانف.

الحزام الصدرى فى كل الفقاريات عبـارة عن تحور فى النموذج الأساسى الموجود فى الأسـماك الفكيـة المبكرة (شكل ٥-٣٦)، حيث يـتكون من ثلاثة أزواج من العظام البـديلة وأربعـة أزواج على الأقل من الـعظام الغـشـائيـة. الأولى هى العظم الغـرابى **coracoid** واللوحى **scapula** وفـوق الـلوحى **suprascapula** (شكل ٥-٣٦أ). والثـانية هـى الترقـوة **clavicle**، كليـثرم **cleicthrum** وفـوق الترقـوى الإضـافى **supracleicthrum**، وخلف صدغية **posttemporal** (شكل ٥-٣٦ب).

فى الأسمـاك العظمية -فـيما بعد- ضـمرت عظام الغرابى واللوحى وأصـبحت عظمة التـرقوة هى العظمة الأسـاسية فى الحـزام. ثم تلتحم الترقـوة مع العظم الغرابى واللوحى فى العظم الغرابى اللوحى **coracoscapula**.

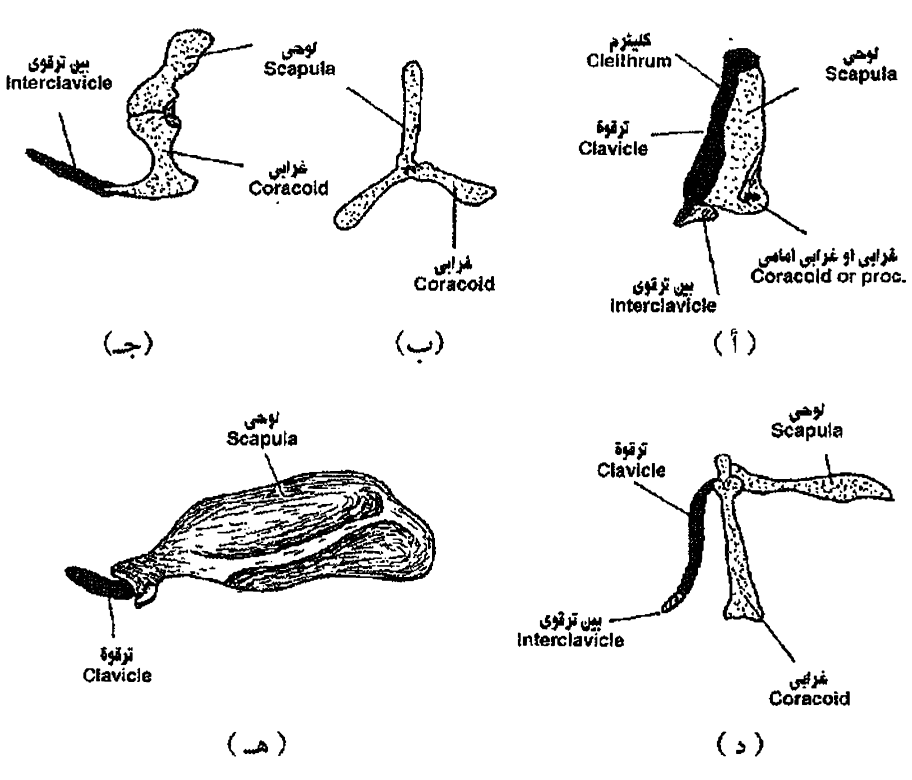
الأسماك الغضروفية ليس بها عظم غشائى ويبقى الغرابى واللوحى وفوق اللوحى غضروفية طوال الحياة.



شكل (٥-٣٦) *رسم تخطيطى يمثل الحزام الصدرى للأسماك:*
(أ) الغضروفية.　　(ب) العظمية.
الأجزاء المنقطعة هى عظام غشائية، والسوداء هى عظام بديلة (فى ب)

الحـزام الصدرى فى رباعـيات القـدم الأوليـة (شكل ٥-٣٧أ) يشابه الحـزام فى الأسماك الفكيـة الأولية. فى بعض رباعيات القـدم، ساعدت الترقـوة الغرابى أو حتى حلت محلهـا. فى الأخرى مثل التـماسيح (شكل ٥-٣٧ج) وبعض السـحالى وبعض الثدييات اختـفت الترقوة. **cleithrum& supracleithrum** فقدت فى كل رباعيات القدم الحية. العظم اللوحى- الذى يحـمل جزءا من تكوين التجويف الأروح **glenoid cavity**- يكون موجودا دائما. وتوجد عظمة بين التـرقوة فى معظم الرهليات - ماعدا الثدييات المشيمية- مثل القاطور (شكل ٥-٣٧ج) والطيور (شكل ٥-٣٧د).

فى الثـدييات يبـقى فقط اللوحـى والترقـوة فى بعض الأنواع (شكل ٥-٣٧هـ) والبروز الغرابى (من اللوحى) الذى يمتد فـوق التجويف الأروح. العظم اللوحى ينقسم -بواسطة شوكة لوحية- إلى سطحين، فوق شوكى **supraspinous fossa** وآخر تحت شوكى **infraspinous**، وتلك تمثل منشأ العـضلات القوية التى تتصل بعظـم العضد. والشوكة تعـتبر موضع اتصال لبـعض العضلات التى تنشأ على العمـود الفقرى. العظم الترقـوى كبير فى آكـلات الحشرات والرئيـسيات، وكذلك فى الثـدييات ذات الأطراف



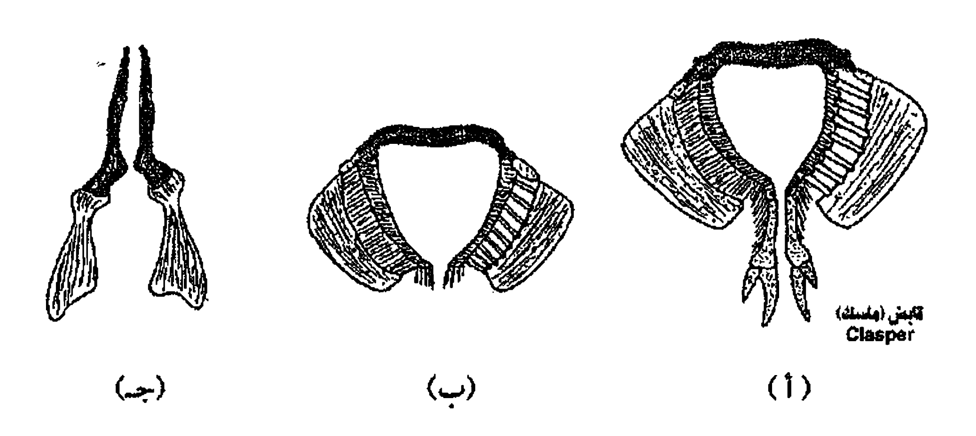
شكل (٥-٣٧) *يبين نصف الحزام الصدرى فى بعض رباعيات القدم:*
(أ) برمائيات أولية .　　(ب) سلحفاة (زواحف) .
(جـ) قاطور(زواحف) .　　(د) أوز (طيور) .
(هـ) القط (ثدييات).

القــوية التى تستــخدم فى الحــفر أو التــسلق أو الطيــران. وتغيب التــرقوة فى الحــيتــان والحافــريات وبعض آكلات اللحوم. كلمــا صغرت التــرقوة، زادت حرية حــركة العظم اللوحى، فيــصبح الكتف قــادرا على امتصــاص الصدمات التى ينـقلها القدم. التــرقوة الضامرة فى القطط هى المسئولة جزئيا عن رشاقتها فى الحركة. وغيابها كلية يسهل عملية الرعى بين الحافريات.

٢-الحزام الحوضى Pelvic girdle

فى مــعظم الأســماك، يتكــون الحزام من زوج من صــفــائح حــوضيــة **pelvic plates**، غضروفــيــة أو عظمية، مكونة الحــوض العانى الوركى **ischio-pubic**، تلتقى

تلك الأجزاء مع بعضها فى سطح التصاق حوضى **pelvic symphysis**، وتحتضن الزعانف الحوضية. فى الأسماك الغضروفية والأسماك الرئوية، يتحد غضروفان فى الجنين مكونين صفيحة واحدة فى الطور اليافع (شكل ٥-٣٨). فى الأسماك العظمية التى لديها جذع قصير، تقع الصفيحة الحوضية مباشرة خلف أو أحيانا أسفل الحزام الصدرى، وتكون غالبا متصلة به؛ ولذلك السبب، فإن الزعانف الحوضية قد تمتد أسفل وأحيانا أمام الزعانف الصدرية. لا توجد مكونات عظمية غشائية فى الحزام الحوضى فى الأسماك ورباعيات القدم.

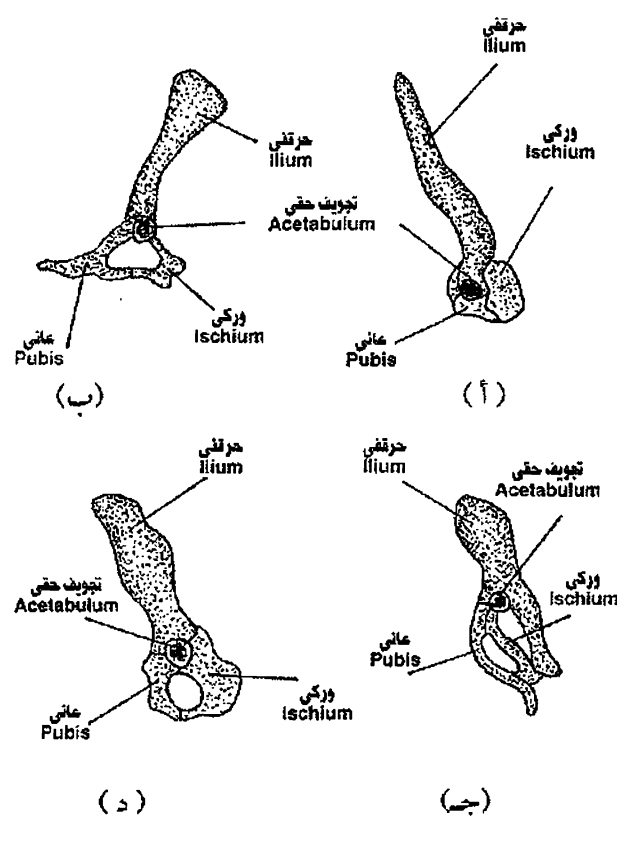


شكل (٥-٣٨) رسم تخطيطى يوضح الحزام الحوضى (أسود) والزعانف فى الأسماك:
(أ) الغضروفية (ذكر): غضاريف الزعنفة القاعدية متحورة إلى مواسك.
(ب) الغضروفية (أنثى). (جـ) العظمية.

فى رباعيات القدم (شكل ٥-٣٩) كل صفيحة فى الجنين تتحول إلى مركزى تعظم مكونة عظم عانى **pubic bone or pubis** وعظم وركى **ischial bone or ischium**. فوق الصفيحة الحوضية، يتكون العظم الحرقفى **ilium** عند اتصال العظم العانى والوركى والحرقفى، يوجد تجويف يسمى التجويف الحقى **acetabulum**، يأوى رأس عظمة الفخذ **femur** العظم الحرقفى طويل ورقيق فى حالة الضفادع (شكل ٥-٣٩أ).

فى الزواحف يوجد تنوع فى تركيب الحزام الحوضى، مرتبط بتنوع تركيب الجسم والحركة. العظم الحرقفى المتسع يلائم عضلات الطرف الخلفى الإضافية اللازمة لحركة أكثر كفاءة فوق الأرض عنها فى البرمائيات. فى معظم الزواحف يتجه العظم العانى

أمامـا والوركى خلفـا. (شكل ٥-٣٩ب). وحيث إن العظم الحرقفى يتجه ظهريا، فإن الحزام يصبح ثلاثى الأضلاع **triradiate** فى السلاحف والسحالى، تتكون فتحة وركية عانية متسعة **ischiopubic fenestra** على كل جانب من العظم الوركى والعانى، ويسمى فى الثدييات الفتحة السدادية **obturator foramen or fenestra**، حيث تسمح بمرور العصب السدادى **obturator nerve**، الذى يغذى بعضا من عضلات الطرف الخلفى. عادة تتكون عظمة فوق عانية **epipubic bone** أو العظم أسفل الوركى **hypoischial bone** على اتصال بالحزام الحوضى فى الزواحف.



شكل (٥-٣٩) *أشكال تمثل النصف الأيسر من الحزام الحوضى بين رباعيات القدم:*
(أ) برمائيات. (ب) زواحف.
(جـ) طيور. (د) ثدييات.

وتتكرر واحدة أو أكثر فى الثدييات الأولية والكيسيات، حيث تسمى فى الأخيرة العظم الكيسى **marsupial bone** حيث إنها تدعم الجيب الكيسى **marsupium**.

فى الطيور، يمتد العظم الحرقفى والوركى باتساع مكونا مكانا عريضا (شكل ٥-٣٩جـ) لاتصال العضلات المستخدمة فى الحركة ثنائية القدمين **bipedal locomotion**. والحزام محتضن مع الفقرات القطنية والعجزية، والعظم العانى مختزل إلى شظية طويلة تتجه أماما. عدم وجود سطح التصاق عانى يؤدى إلى وجود مخرج حوضى متسع لوضع البيض الكبير.

فى الثدييات، يتحد العظم الحرقفى والوركى والعانى مبكرا فى حياة بعد الوضع، مكونا العظم غير المسمى **innominate bone**. العظمة غير مسماة تقابل العجز ظهريا فى اتصال عجزى حرقفى غير متحرك **immobile sacroiliac joint**. بطنيا تتقابل العظمتان غير المسميتين فى سطح التصاق لتكملة الحوض. العظم الوركى لا يشارك دائما فى هذا السطح. فى بعض الأنواع تتعظم عظمة حرقفية صغيرة **acetabular bone** فى جدار التجويف الحرقفى وهى عظيمة كأسية **cotyloid bone**.

صغار الثدييات تولد من خلال مخرج حوضى يحده بطنيا الالتصاق العانى، وظهريا بواسطة الفقرات الذيلية القليلة (العصعص فى الإنسان) **coccyx**. عند أواخر الحمل، يتم تليين الغضروف الليفى الذى يفصل العظام عند سطح الالتصاق بواسطة هرمونات، ليسمح باتساع المخرج الحوضى عند الولادة.

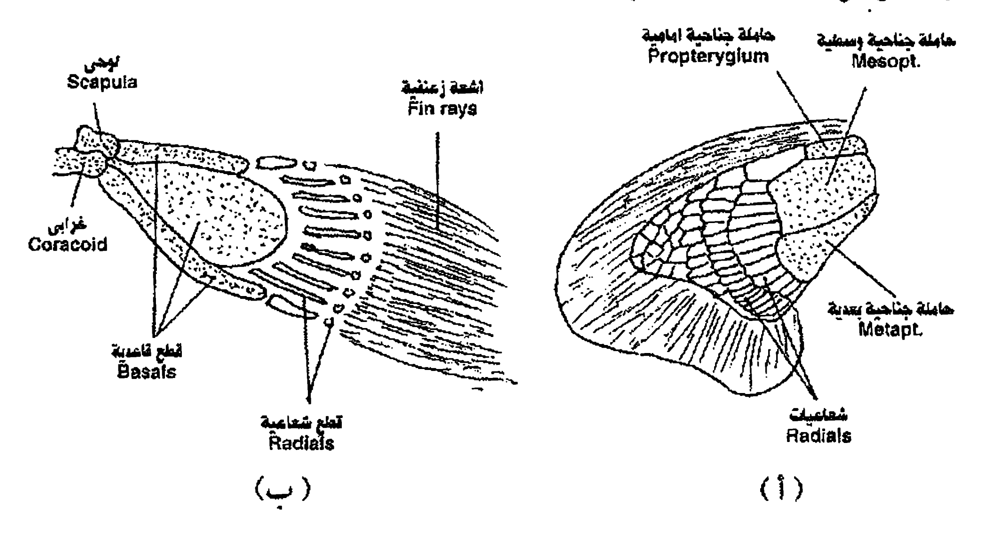
٣-الزعانف Fins

تعمل الزعانف كوسيلة قيادة للسمكة، وتنظم اتجاه سيرها وحركتها الجانبية. والزعانف المزدوجة تعمل أيضا كفرامل تحد أو توقف الاتجاه الأمامى للسمكة، ولكنها لا تلعب دورا أو تلعب دورا قليلا فى اندفاعها. أما حركة السمكة، فإنها تكون أساسا عن طريق الحركات التموجية الجانبية **lateral undulation** للجذع والذيل بزعنفته الرأسية.

الزعانف المزدوجة والوسطية والذيلية، تتكون من سطحين من الجلد، وتدعم الأدمة لكل منهما بواسطة أشعة زعنفية مرنة **flexible fin rays**، تسمى شعيرات قرنية **ceratotrichia** فى حالة الأسماك الغضروفية وشعيرات حرشفية **lepidotrichia** فى حالة الأسماك العظمية. كل شعاع عبارة عن قشور عظمية متصلة ببعضها طرفا بطرف. وتوجد شعيرات شوكية **actinotrichia** تتكون فى الجهة البعيدة من الزعانف فى الأسماك الغضروفية والعظمية.

والأشعة الزعنفية مزودة عند القاعدة بواسطة حاملات جناحية **pterigiophores**، وهى قطع صغيرة من الغضروف أو العظم (شكل ٥-٤٠). القطع القاعدية التى تدعم الأشعة الزعنفية بالزعانف المزدوجة عبارة عن صفوف من حاملات جناحية قاعدية وشعاعية **basal & radial pterygiophores**، ولا يوجد اختلاف شكلى بينهما. فى حالة الأسماك الغضروفية تسمى القطع القاعدية فى الزعنفة الصدرية الأجنحة الأمامية والوسطية والبعدية **pro-, meso-, metapterygia**. وفى حالة الأسماك العظمية، فإن القطع القاعدية غير موجودة، ويوجد بدلا منها قطع صغيرة

شعاعية تدعم زوجين من الأشعة. الزعنفة الذيلية لها دعامة إضافية من العمود الفقرى. توجد كتل عضلية مخططة من عدة قطع عضلية متتابعة، تمتد فى قاعدة الزعنفة، وتلتصق فوق الحاملات الجناحية.



شكل (٥-٤٠) *يبين الهيكل الداخلى فى الزعنفة الصدرية:*
(أ) أسماك غضروفية. (ب) أسماك عظمية.

أ- الزعانف المزدوجة Paired fins

توجد ثلاثة أنواع من الزعانف المزدوجة بين الأسماك، وهى: الزعانف الفصية **lobed fins** فى الأسماك الرئوية **lung-fishes** والأسماك مستديرة الزعانف **Crossopterygii**، والزعانف المثنية **folded fins** فى الأسماك الغضروفية، والزعانف الشعاعية **rayed fins** فى الأسماك العظمية.

وهيكل الزعانف المزدوجة يحتضن الحزام الخاص بها، ويكون المكان هو السطح أو التجويف الأروح **glenoid fossa** للغرابى أو الغرابى واللوحى من الحزام الصدرى، وفوق بروز على الجانب أو الجهة الخلفية للصفيحة الحوضية من الحزام الحوضى.

الزعانف الفصية Lobed fins

تتكون من جزء قريب لحمى عضلى يحتوى على الهيكل الداخلى، وجزء غشائى تدعمه أشعة زعنفية. الزعانف تشبه المجداف **oar** أو البدال **paddle**، كما فى

اللاتيمريا **Latimeria** التى أشير إليها من قبل وهى المتبقية الحية الوحيدة من الأسماك مستديرة الزعانف المندثرة.

وهيكل الزعنفة فى الأسماك الرئوية يتكون من محور مركزى عظمى، يتكون من قطع تعمل كقواعد ومجموعة من شعاعيات قبل محورية **preaxial radials** وخلف محورية **postaxial radials**.

الزعانف المثنية Folded fins

مميزة للأسماك الغضروفية. وبها قاعدة عريضة. الزعانف الحوضية لها جزء قاعدى، ولكن الشعاعيات **radials** منحصرة فى الحافة قبل المحورية **preaxial**. فى الذكور، تحور هيكل الزعنفة الحوضية ليصبح عضو سفاد بارز يسمى ماسك **clasper** يستخدم عند الجماع.

الزعانف الصدرية تبدى تنوعا كبيرا فى شكل هيكلها. وتلك الزعانف تعمل كفرامل للحركة الأمامية للسمكة.

الزعانف الشعاعية Rayed fins

وهى مميزة للأسماك العظمية المعروفة بشعاعية الزعانف **Actinopterygians**. لا توجد قطع قاعدية **basals**، ولكن أجزاء ضامرة، تكون ملاصقة للهيكل الداخلى للزعنفة. والنتيجة تكون زعنفة مرنة للغاية **flexible**.

ب-الزعانف الوسطية Median fins

معظم الأسماك لديها -بالإضافة إلى الزعانف المزدوجة- واحدة أو اثنتان من الزعانف الوسطية، ظهرية **dorsal**، وشرجية **anal** بعد الشرج أو الإست مباشرة، وذيلية **caudal** عند نهاية الذيل.

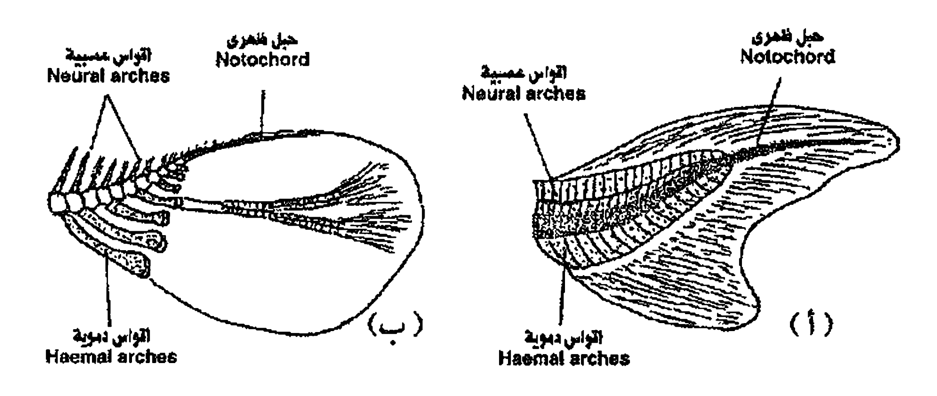
الزعانف الظهرية قصيرة فى بعض الأنواع، ولكن فى الجلكى وثعابين السمك **eels**، فإنها تمتد على طول الجذع كله لتدعم الاتزان الميكانيكى للجسم الطويل وتعوض الافتقار إلى زعنفة ذيلية فصية واكتمال الزعانف المزدوجة. وقد تساعد على الاندفاعات الجانبية للجسم الطويل للسمكة ضد المياه.

الزعنفة الشرجية فى الذكر بين بعض أنواع الأسماك العظمية الولودة **viviparous teleosts** قد تحورت لتصبح عضوا مولجا يسمى قدم تناسلية أو منوية

gonopodium، حيث إن الإخصاب داخلى. الهـيكل الداخلى للزعانف الظهرية يرقد فوق الهيكل المحورى.

الزعانـف الذيلية (شكل ٥-٤١) تزيد من كـفاءة الذيل كـعضـو حركة. تنـقسم الزعـانف الذيليـة فى الأسـمـاك على أسـاس اتجـاه الطرف الخـلفى للحـبل الظهـرى **notochord** والعمود الفقرى وأشكالها. الذيل الذى يحتوى على فصين ظهرى وبطنى الذى فيـه يمتـد الحبل الظهرى إلى أعلى فـى الفص الظهرى الأكبـر، يسمى ذيلا غـير متساوى الفصين **heterocercal** (شكل ٥-٤١أ)، وتوجد فى القروش.

كما يوجد الذيل متجانس الفصين **homocercal tail** (شكل ٥-٤١ب) كما فى الأسماك العظمية. ويمتد الحبل الظهرى محاطا بغلاف عظمى، أو قلم الذيل **urostyle** فيـمتد نحو الجـهة الظهرية بشكل كـبير، وغشـاء الزعنفة مدعم بواسطة أقـواس دموية **hemal arches** أو عظام تحت ذيلية **hypural bones**، ويكون الفـصان الغـشائيـان متجانسين. وتمتد أشعة زعنفية منها، ولا توجد شعاعيات بطنية **ventral radials**.



شكل (٥-٤١) *الزعانف الذيلية فى الأسماك:*
(أ) الغضروفية (ذيل غير متجانس الفصوص) : **heterocercal**.
(ب) العظمية (ذيل متجانس الفصوص) : **homocercal**.

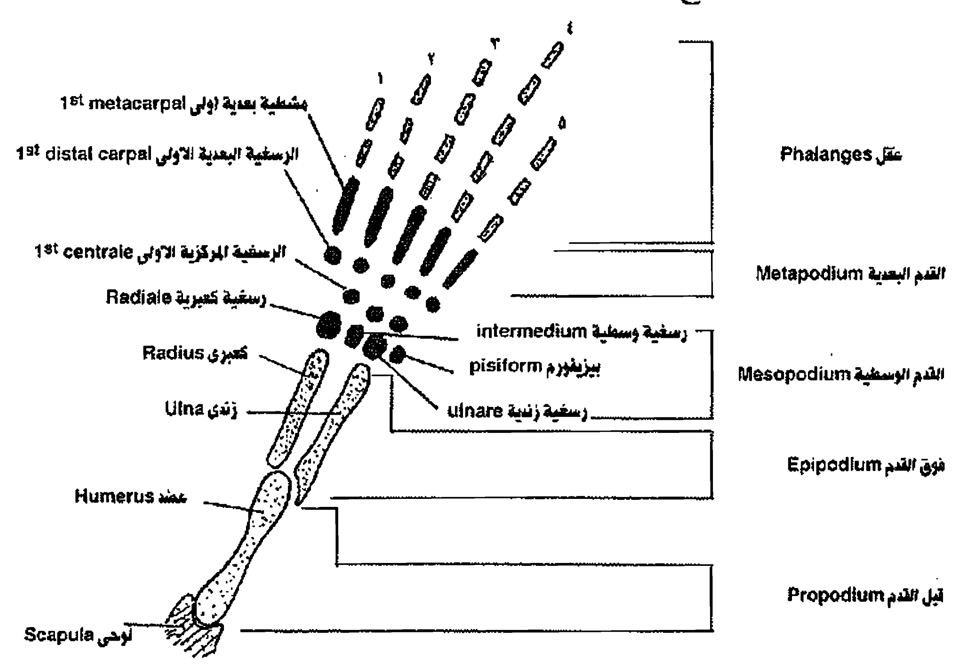
الزعانف الذيلية تعتبر خاصية ملائمة للحياة المائية فى بعض الرهليات مثل الحيتان **whales**، التى اكتـسبت زعانف أفقيـة بدلا من الرأسية، التى غـالبا ما تسمى وشيعة **fluke**. وتلك ليس بها أشعة زعنفية ولا يدعمها هيكل داخلى، وذلك يشبه الوضع فى الزعنفة الذيلية فى يرقات البرمائيات.

٤-أطراف رباعيات القدم Tetrapod limbs (pentadactyl limbs)

رغم أن تعبير رباعيات القدم يعنى وجود أربعة أطراف، إلا أن البعض منها قد فقد أحد الزوجين أو كليهما. وفى الأخرى تحور الطرف الأمامى إلى أجنحة أو مجاديف **paddles**.

إن رباعيات القدم لديها تنوع كبير فى الحركة التى تستلزم تنوعا فى تحورات الأطراف، فهى تسبح وتدب وتمشى وتجرى وتثب وتقفز وتحفر وتتسلق وتنزلق أو تطير؛ وذلك لتجنب الأعداء والبحث عن الغذاء والمأوى ولتجد الرفيق. وكل نوع من هذا الأسلوب فى الحياة يستلزم بعض التحور فى الهيكل الطرفى.

يتركب هيكل الأطراف فى رباعيات القدم من خمس قطع (شكل ٥-٤٢) هى: قبل القدم **propodium**، فوق القدم **epipodium**، القدم الوسطية **mesopodium** القدم البعدية **metapodium** والعقل **phalanges**. وتلك تقابل فى الطرف الأمامى عظام الذراع العليا **upper arm**، والذراع الأمامية **forearm**، والمعصم **wrist**، والكف **palm**، والأصابع **digits**. والثلاثة الأخيرة تكون اليد **manus or hand**.



شكل (٥-٤٢) *نموذج عام للطرف الأمامى الأيمن لرباعيات القدم من الجهة الظهرية*

والقـائمة التـالية توضح تلك القطـع والأجزاء التى تقـابلها فى الطرف الأمـامى والطرف الخلفى.

الطرف		اسم القطعة	اسم الهيكل
الطرف الأمامى fore limb		**الذراع العليا** upper arm: branchium	**العظم العضدى** humerus
		الذراع الأمامية fore- arm (antebrachium)	**العظم الكعبرى** radius **وعظم الزند** ulna
	اليد manus	**المعصم أو الرسغ** (carpus) wrist	**العظم الرسغى** carpals
		الكف (metacarpus) palm	**العظم المشطى** metacapals
		الأصابع (digits) fingers	**العقل** phalanges
الطرف الخلفى hind limb		**الفخذ** thigh (femur)	**العظم الفخذى** femur
		الساق shank (crus)	**عظم الساق الأكبر** tibia **والشظية** fibula
	مشط القدم pes	**الكاحل** ankle (tarsus)	**عظم الكاحل** tarsals
		مشط القدم instep (metatarsus)	**عظم مشط القدم** metatarsals
		الأصابع (digits)	**العقل** phalanges

قبل القدم وفوق القدم

عظمة العضد هى عظمة الذراع العليا، وتتشـابه فيما بينها فى كل رباعيات القدم ويكون الاختلاف فى الطول والحجم والشكل كتحورات ملائمة. العظم الكعبرى وعظم الزند هى عظام الذراع الأمامـية. الزند قبل المحـورية، تتمفـصل نحو الداخل مع عظم العضـد، ونحو الخارج مع عظام الرسغ فى جانـب إبهام اليد. وهى تحمل مـعظم القوة التى تنقل من الرسغ إلى العضد. العظم الزندى أطول وهى خلف محورية تتمفصل مع العـضد، والعظم الكعـبرى تجـاه الداخل. ومع عظام الرسغ نحـو الخارج تجاه الجـانب المقابل للإبهام. أحـيانا يلتحم الزند مع الكعبـرى أو قد تكون ضامرة كمـا فى الضفادع والخفافيش.

عظمة الفخذ **femur** هى قبل القدمـية فى الفخذ. وعظم السـاق الأكبر **tibia** والشظية **fibula** هى عظام الرجل الخلفية. وثمة عظمة سـمسمية **sesamoid bone** أو رصغية **patella** أو قمة الركبة **knee cap** تتكون فى الطيور والثدييات وهى تتعظم فى

وتر عضلة الفخذ الباسطة القوية، حيث يمر الوتر **tendon** فوق مفصل الركبة لتشبك فوق عظمة الساق. والرصغة تحمى المفصل من قبل احتكاك الوتر. العظم الشظيى قد يتحد جزئيا أو كليا مع عظم الساق. وقد يكون ضامرا لتكوين شظية **splincter**، كما فى الطيور. وقد يغيب كما فى الحافريات **ungulates** والخلد **mole**، والضفادع والطيور والغزلان. فى الطيور يتحد عظم الساق الأكبر مع الطرف القريب من عظام الكاحل لتكوين العظم الكاحلى الساقى **tibiotarsus**.

اليد **Hand (Manus)**

المعصم والكف والأصابع تكون وحدة وظيفية هى اليد. هيكل اليد فى جميع رباعيات القدم متشابه بشكل ملحوظ.

يتكون المعصم من ثلاثة صفوف منتظمة من العظم الرسغى **carpal bones** الصف القريب به عظمة رسغ كعبرية **radiale** عند نهاية الكعبرة، وعظمة رسغ زندية **ulnare** عند نهاية الزند، وقطعة وسطية **inter-medium** بينهما الصف الأوسط من العظم الرسغى يتكون من قطع مركزية **centralia** يختلف عددها. الصف البعيد يتكون من خمس قطع هى القطع الرسغية البعيدة **distal carpals** تعد من ١-٥ بدءا من الإبهام.

العظم المشطى **metacarpals** هو هيكل الكف. يوجد عدد من العظام المشطية يماثل عدد الأصابع. وكل إصبع يتكون من عقل **phalanges** المعادلة العقلية العامة بدءا من الإبهام هى ٢-٣-٤-٥-٣ فى حالة الزواحف، وأصبحت ٢-٣-٣-٣-٣ فى حالة شبيهات الثدييات واستمرت فى الثدييات الحديثة ذوات الخمسة أصابع ومنها الإنسان.

يحدث تحور فى اليد يشمل اختزال عدد العظام بواسطة فقد تطورى أو اتحاد. ومن التحور غير المعتاد استطالة متفاوتة أو قصر فى بعض العظام. العظم المركزى غالبا ما يتحد مع العظام الرسغية القريبة، أو يختفى. كما يحدث عادة اتحاد العظم الرسغى ٤، ٥. العقل أو الأصابع كلها قد تفقد. فى الحالة الأخيرة فإن العظم المشطى المماثل لها يصبح ضامرا أو يفقد.

معظم البرمائيات فقدت إصبعا من اليد، ولكن يبقى خمسة فى القدم. وعظمة المشط المماثلة قد ضمرت أو فُقدَت. الكثير من عظام المعصم يختزل أو يفقد.

اليد فى الزواحف والثدييات الأولية تبقى خماسية الأصابع أو بها خمس عظام مشطية، والعدد الكامل من عظام الكعبرة ما عدا الكعبرى الوسطى، أو العظم المركزى فى التماسيح. فإن المعصم قد اختزل إلى خمس عظام. وفى الطيور فإن اليد كلها قد

اختزلت. من التحورات الرئيسية فى اليد تلك التى تحدث للطيران، والحياة فى المحيطات والقبض **grasping**.

التأقلم للطيران Adaptations for flight

يحدث تحور في الطرف الأمامى الذى يتحول إلى جناح يستخدم فى عملية الطيران، وذلك فى الطيور والخفافيش بين الثدييات.

فى جنين الطائر، تتكون معظم عناصر هيكل الطرف الأمامى، مثل الوضع فى رباعيات القدم. وعند التطور إلى الطور اليافع، تتحد عناصر الرسغ البعيدة مع ثلاثة أمشاط لتكون العظم الرسغ مشطى **carpometacarpus**. يوجد عادة ثلاثة أصابع، واختزال عدد الأصابع التى تحمل غالبا مخالب وتغطى بالريش، وليس لليد دور هام فى الطيران.

بعكس الوضع فى الطيور، تعتبر اليد هى الجزء الهام فى الجناح فى حالة الخفافيش، وهى المسئولة عن الطيران الحقيقى. يوجد فى يد الخفافيش خمسة أصابع، الإبهام عادى ويحمل مخلبا، الأصابع الأربعة الباقية طويلة، وعلى اتصال مع أربعة أمشاط طويلة للغاية. وتلك تُكوّن مع عقل الأصابع هيكل الغشاء الجناحى **patagium**. العظام الرسغية الثلاثة القريبة تتحد فى عظمة واحدة.

التأقلم للحياة فى المحيط

تتحول اليد فى الحيتان **whales** إلى ما يشبه المجداف **paddle**، وهى مفلطحة قصيرة وقوية، وفى مجاميع عديدة. تزداد عقل الأصابع كثيرا. ولكن فى معظم الثدييات المائية الأخرى، تكون عظام اليد مثل النموذج العام لرباعيات القدم.

التأقلم للمشى السريع

معظم الثدييات ذات الأيدى خماسية الأصابع، تسمى عادة أخمصية السير **plantigrade**، أى أن اليد بما فيها من المعصم والكاحل والأصابع تقع على الأرض، كما فى الثدييات الأولية والكيسيات وآكلات النمل والرئيسيات، وكذلك الدببة **bears** (شكل ٥-٤٣أ).

الثدييات التى أُختزل فيها الإصبع الأول أو اختفى، تعرف بإصبعية السير **digitigrade** (شكل ٥-٤٣ب)، أى التى تحمل ثقلها على أقواس إصبعية، والمعصم والكاحل مرفوعان، وذلك مثل الأرانب، والقوارض ومعظم آكلات اللحم وتلك

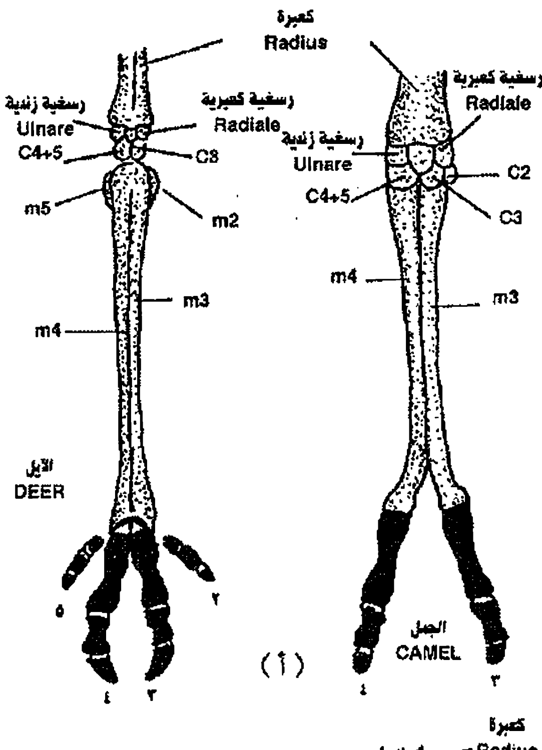
الثدييات تجرى أسرع وتسير أكثر هدوءا، وتكون أكثر رشاقة عن الأنواع أخمصية السير، مثل كافة أنواع القطط، تكون أسرعها جريا مثل شيتا cheetah مثلا يمكنها أن تعدو بسرعة تصل إلى ٧٠ ميلا (١١٢ كم) فى الساعة. تلك السرعة فى آكلات اللحوم تجعل من السهل حصولها على غذائها. أما فى حالة آكلات العشب herbivores مثل الأرانب البرية hares، فإن السرعة قد تعنى الوصول إلى شق يأويها بدلا من أن تؤكل.

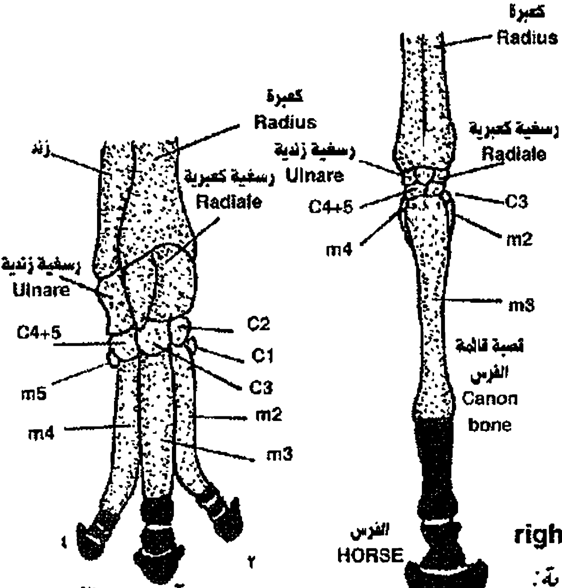
شكل (٥-٤٣) *القدم الخلفية اليسرى فى الثدييات توضح أنواع المشى:*
(أ) فى الإنسان (مشطى المشى وبه خمسة أصابع).
(ب) فى الكلب (أصبعى المشى) وبه أربعة أصابع: يمشى على وسادة لحمية تحت الأصابع.
(جـ) فى الفرس (حافرى المشى): ذو أصبع واحد وهو الثالث ويمشى على حافر قرنى فوق طرف الأصبع.

التحور الكبير فى اختزال عدد الأصابع والسير على أطراف الأصابع الباقية، يوجد فى الحافريات ungulates. الثدييات حافرية السير unguligrade (شكل٥-٤٣جـ) تسير على أربعة أو ثلاثة أصابع أو إصبعين، أو حتى على إصبع واحد، والمعصم والكاحل مرفوعان بعيدا عن الأرض. تحولت الأظافر إلى حوافز سميكة hoofs، تحمل ثقل الجسم، وتحمى أنسجة الأصابع الحية من فعل الاحتكاك بالأرض. العظام الرسغية والمشطية carpals & metacarpals التى تتبع الأصابع المفتقدة تكون ضامرة، أو تغيب، وتلك التى تبقى تستطيل كثيرا وغالبا ما تتحد مع بعضها.

التحور بين الحافريات يظهر متقدما على امتداد خطين مستقلين، فى الخط المؤدى إلى الحافريات مزدوجة الأصابع artiodactyls (شكل ٥-٤٤أ) يكون ثقل الجسم موزعا

بالتـــساوى بين الإصبـعـين ٣، ٤ كــمــا فى الجـــمل؛ ولذلك نشأ الحـافر المشـقوق cloved hoof، وتـلـــك الحـافــريات لديهـــا عــدد مـــزدوج مــن الأصـــابـع even number، ومـــثل تلك القـــدم تـسـمى جانـبيـة المحـــور paraxonic فى الخط التطورى الآخـر المؤدى إلى الحافريات مفردة الأصابع perissodactyls، يـكـون ثقل الجسم مـحمـولا على الإصـــبـع رقم ٣ وهـو الأوسط، وتلك الحـافـريات مـفـردة الأصـابع لديــهـا عـدد مـفـرد من الأصابـع odd number، ولـكـن التابير (شكل ٥-٢٨) tapir لديه إصبع رابع صـغير على القــدم الأمامـيـة وثلاثة فى الخلفـية؛ ولذلك فـإن القدم وسطية المحـور -وليس عدد الأصـابع- هو الذى يُعـرّف الحافريات مفردة الأصابع.





شكل (٥-٤٤) *اليد اليمنى* **right manus** *فى بعض الحافريات من الجهة الظهرية:*

أ- مزدوجة الأصابع **artiodactyls**.

ب- مفردة الأصابع **perissodactyls**.

C2-C5 العظم الرسغى البعيد ٢-٥ : **distal carpals**.

m2-m5 العظم المشطى ٢-٥ **metacarpals**.

التأقلم على القبض Adaptation for grasping

كثير من الثدييات لها القدرة على ثنى يدها عند المفصل بين الكف والأصابع. مثلا القرود تجلس على مؤخرتها وترضع الصغار ممسكة بالحلمة بين يديها التى تكون مثنية بهذا الأسلوب، واللتين تواجهان وجها لوجه.

وثمة تخصص آخر، هو القدرة على لف الأصابع حول جسم ما، حتى يقبض حيوان عليه بأمان في يد واحدة. هذا يتأتى بواسطة ثنى الأصابع عند كل مفصل بين عقلى **interphalangeal joints**. الرئيسيات فقط **primates** يمكنها فعل ذلك.

وتوجد خطوة أخرى فى تطور اليد فى الثدييات، وهي تكون إبهام مقابل **opposable thumb**، يكون قادرا على لمس أطراف كل من الأصابع الأخرى. وقد تم ذلك بتكون مفصل سرجى **saddle joint** عند قاعدة الإبهام حيث يقابل الكف، وبوضع الإبهام عند زوايا تزداد اتساعا وتزداد حتى نحو السبابة **index finger**، وبتطور عضلات الإبهام المقربة القوية **adductor pollicis m.**. ورغم أن المقابلة الحقيقية توجد فى قردة العالم القديم؛ إلا أن اليد ليس لديها المدى الكافي للقدرة الوظيفية التى تطورت فى الإنسان. فلا قردة العالم القديم ولا القردة العليا شبيهة الإنسان **anthropoid apes** لديها إبهام مقابل بشكل مكتمل. بمثل تلك اليد كان الإنسان قادرا على أن يشكل باستمرار الآلات المعقدة، بدءا من الحجارة ومستمرا حتى الكمبيوتر الإلكترونى.

القدم Pes (hind foot)

عظام القدم تُقارن بعظام اليد. رباعيات القدم الأولية لديها أربعة عظام مركزية فى القدم، اختزل العدد إلى واحدة أو اثنتين فى الزواحف الأولية، وواحدة فى الثدييات الأولية.

فى الضفادع، توجد عظمتا كاحل طويلتان نحو الداخل **proximal tarsals**، وهى العظمات الكاحلية **tibiale** وعظمة الشظية الكاحلية **fibulare**، متحدة بمتانة عند كل طرف كى تؤدى إلى احتضان ميكانيكى قوى ينتهى عند مفصل داخل كاحلى **intertarsal joint**. عند المفصل اثنتان أو ثلاثة عظام كاحلية خارجية (بعيدة) **distal tarsals**، أحدها قد تكون عظمة مركزية منقولة. هذا التركيب يؤدى إلى تكون كف قدم عريض بأصابع ذات غشاء للاندفاع عند القفز، وتلك هى وسيلة كف القدم فى حركة الضفادع فوق الأرض.

الزواحف يحدث فيها فقدان أو اتحاد بين عظام الكاحل، السلاحف بدرجة أقل منها فى الآخرين. الصف القريب من الأمشاط يتحول إلى عظمة واحدة فى الكثير من

السحالى، تسمى العظم الكاحلى الكعبى **astracocal caneus**، وهى تضم كل عظام الكاحل القريبة والعظم المركزى. المفصل داخل الكاحلى المرن جدا بين عظام الكاحل القريبة والبعيدة يساعد السحالى ثنائية القدم **bipedal** أن تجرى بسرعة بطريقة المشى الإصبعى **digitigrade**. والذيل الطويل يحافظ على التوازن. المفصل الأولى بين الرجل والكاحل فى هذه السحالى تشل حركته بواسطة أربطة. معظم الزواحف لديها خمسة أصابع، رغم أن التمساح الأمريكى (القاطور) **alligator** وبعض السحالى لها أربعة أصابع، وبعض سلاحف المياه العذبة لها ثلاثة فقط. المعادلة العقلية بين الزواحف هى ٢-٣-٤-٥-٤، اختزلت فى القاطور إلى ٢-٣-٤-٤-صفر، وفى السلاحف إلى ٢-٣-٣-٣-٢.

قدم الطائر متحورة كثيرا. عظام الكاحل القريبة تتحد مع الطرف السفلى لعظمة الساق لتكون عظم الساق الكاحلى **tibiotarsus**، لا توجد عظمة مركزية. وعظام الكاحل البعيدة تتحد مع عظام مشط القدم الثانية والثالثة والرابعة **metatarsals** لتكون عظمة المشط الكاحلية **tarso-metatarsus**. يوجد مفصل داخل كاحلى **intratarsal joint** بين الساق الكاحلى والمشط الكاحلى ومفصل بين الأخير والأصابع. ذلك المفصل يسمح بوقفة إصبعية **digitigrade stand**. تلك الوقفة تجعل الطائر مستعدا للإقلاع لأن امتداد الرجل عند الركبة والمفصل داخل الكاحلى يعطى الدفعة الأولية ليكون الطائر محمولا فى الهواء. الفخذ فى الطائر الواقف لا يكون مرئيا لأنه قصير للغاية، مثنى مع الركبة تحت الريش أو متداخل مع جدار الجسم.

ولمعظم الطيور أربعة أصابع بالقدم، والقليل ثلاثة، والنعامة فقط لها إصبعان. المعادلة العقلية مثل المعادلة العامة للزواحف. عادة تتجه ثلاثة أصابع شعاعيا نحو الأمام ويخرج واحد نحو الخلف من القدم. ولكن قليلا من الطيور، مثل نقار الخشب **wood-pecker**، والببغاء **parrot**، لديها إصبعان عند المؤخرة، والأربعة أصابع تكون زوجية الإصبعية على شكل حرف **X (x-zygodactyly)**. وذلك التركيب يُمكّن نقار الخشب من أن يحصل على قبضة متينة على القلف الخشن فوق جذع شجرة رأسى أثناء ثقب الخشب، محتضنا الجذع بريش ذيله القوى.

تستطيع الطيور أن تنام حينما تجثم فوق سارية أو عمود؛ لأن الأوتار الطويلة للعضلات القابضة **flexor mm** للرجل السفلى تمر على امتداد الوجه الخلفى للكاحل لتمسك على الأصابع حاملة المخالب. ثقل الجسم يساعد الأوتار جاعلا المخالب قابضة على العامود.

الثدييات تفتقد إلى مفصل داخل كاحلى **intratarsal joint**، ولكن لها مفصل كبيـر بين الساق والكاحل. عظمة الكاحل تجاه الساق (عظمـة الساق الكاحلية) **tibiale** هى عظمـة الكاحل الأساسـية التى تحمل ثـقل الجسم. الكاحلى القـريبة الأخـرى تجاه الشظية هى عظمة الـشظية الكاحلية **fibulare** تمتد خلفا فى حـالة الثدييات أخمـصية السير (السـير على الكف) **plantigrade**، أو إلى أعلى فى حـالة الثدييات إصـبعـية الحركة **digitigrade** وحافرية الحركة. تلك هى عظمة العقب **hell bone**. فى الأنواع أخمصية الحركـة فى شبيهات الإنسان **hominoids**، يوجد قوس مشطى **metatarsal arch**، يوزع ثقل الجـسم على القواعـد الأربعة الصلبـة، العقـبين والكرة لكـل قدم. والقوس يمتص أيضـا بعض الصدمات المتولدة عن الحركـة ثنائية القدم، ويزوّد بلولب **spring** للمشى والجرى.

المعادلة العقلية للقدم هى ٢-٣-٣-٣-٣. الإصبع الكبير، إبهام القدم **hallux**، مقابل فى كثير من الرئيسيات، ولكن ليس فى الإنسان.

الجهاز الجلدى

INTEGUMENTARY SYSTEM

الجلد يغطى جسم الحيوان، وله مشتقاته **derivatives** الغدية أو الهيكلية.

يتكون الجلد فى الفقاريات من نموذج مورفولوچى أساسى، فيتركب من بشرة **epidermis** نشأت من الإكتودرم، وأدمة **dermis** نشأت من الميزودرم. البشرة هى طلائية غدية عديدة الطبقات، الطبقة الداخلية منها أو القاعدية هى الطبقة الجرثومية **germinal layer**، خلاياها عمودية وتقوم بالانقسام الميتوزى باستمرار لتعوض الخلايا المفقودة على السطح. أى أن الخلايا الجديدة تدفع القديمة نحو الخارج، وحينما تقترب من السطح تفرز كيراتين (مادة قرنية) وتصبح مفلطحة **squamous**. فى حالة الفقاريات الأرضية، تصبح طبقة الكيراتين سميكة مكونة طبقة تسمى الطبقة القرنية **stratum corneum**.

غدد الجلد تتكون من البشرة. والأدمة تتكون أساسا من نسيج ضام يدعم قواعد الغدد والأوعية الدموية والجيوب الليمفاوية والأعصاب الصغيرة والخلايا الملونة. وتلاصق الأدمة عضلات جدار الجسم تحتها.

معظم غدد البشرة فى الأسماك ويرقات البرمائيات وحيدة الخلية **unicellular**، فى حين أن الغدد فى البرمائيات اليافعة والفقاريات الأرضية تكون عديدة الخلايا **multi-cellular**. وتلك إما أن تكون أنبوبية مستقيمة وملتوية أو متفرعة **tubular glands**، وقد تكون مكونة من عدة أكياس أو حويصلات، وتلك إما بسيطة متفرعة أو مركبة. والغدد تغزو الأدمة حيث تكون على علاقة وثيقة بتجمعات شعيرية.

تركيبات هيكلية خارجية Exoskeletal structures

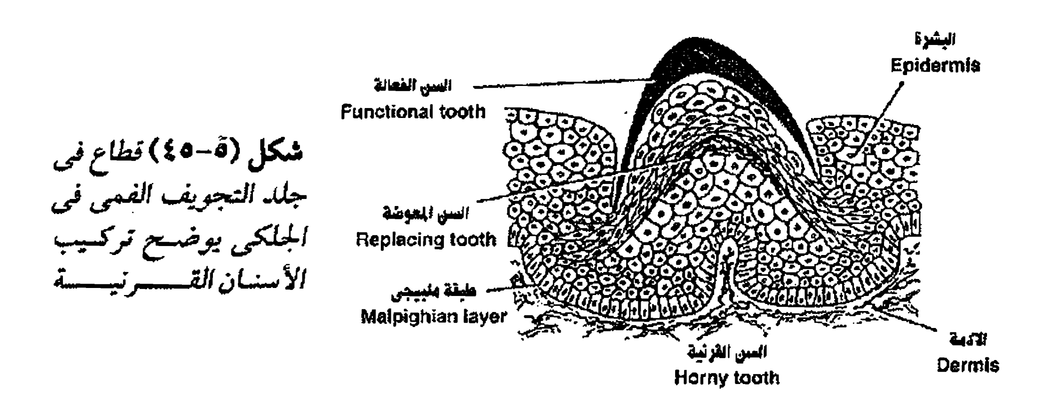
جلد الفقاريات قد يكون مزودا بأجزاء دعامية تسمى تركيبات هيكلية خارجية، ينشأ بعضها من البشرة وتكون قرنية أو كيراتينية، وبعضها ينشأ من الأدمة وهى تركيبات عظمية.

أ- الهيكل الخارجى البشرى (زوائد قرنية)

توجد أشكال متنوعة من تلك التركيبات الهيكلية الخارجية، التى تتكون من مادة كيراتينية تفرزها خلايا البشرة. تلك التركيبات هى:

١-أسنان قرنية Horny teeth

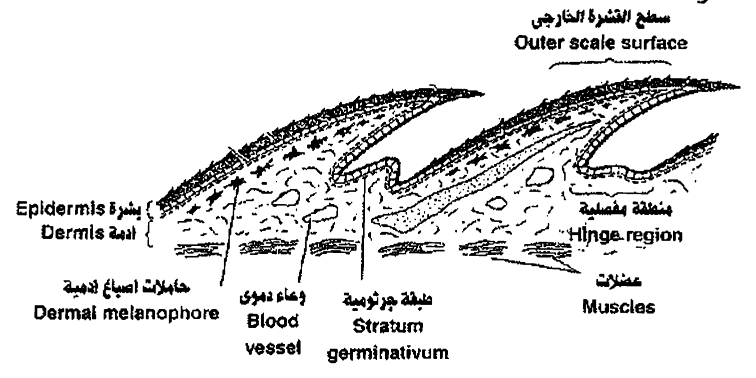
توجد أشواك قرنية بشرية مخروطية الشكل وأسنان تنمو من القمع الفمي **buccal funnel** وفوق اللسان الناشر **rasping** في حالة الجلكي (شكل ٥-٤٥). وأبو ذنيبة لديه أسنان وفكوك قرنية تساعده على التغذية بقضم النباتات المائية **nibbling**.



شكل (٥-٤٥) قطاع في جلد التجويف الفمي في الجلكي يوضح تركيب الأسنان القرنية

٢-القشور البشرية Epidermal scales

عبارة عن زيادة في سمك الطبقة القرنية، وتوجد في الرهليات **amniotes**. في الحرشفيات **Squamata** (السحالي والثعابين)، تكون الزيادات عبارة عن ثنيات متراكبة **overlapping** تسمى قشورا، تصلها ببعضها طبقة كيراتينية رقيقة لتسمح بحركة الجلد (شكل ٥-٤٦). القشور غير متراكبة في التماسيح. توجد قشور بشرية على أرجل الطيور، وعلى المدرع فوق الجسم كله. في معظم الثدييات تنحصر القشور فوق الأرجل والذيل كما في الفئران.

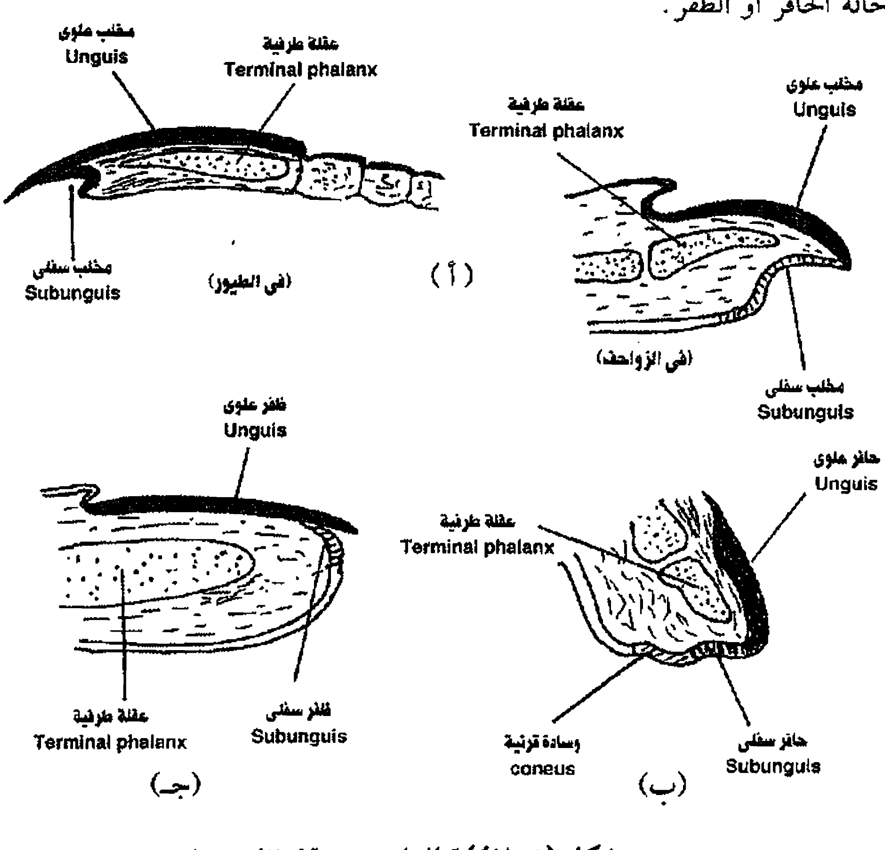


شكل (٥-٤٦) قطاع طولي في جلد السحالي يوضح تركيب القشور القرنية

السحالى والثعابين يحدث لها انسلاخ أى سقوط الطبقة الخارجية القرنية، وتكون تحتها طبقــة داخلية تكونت من قبل. وتسقط الخارجية كطبقــة واحدة فى حالة الثعابين. التماسيح والسلاحف لا تنسلخ فيها الطبقة القرنية للجلد، ولكنها تبلى بالتدريج كما فى الإنسان.

٣- المخالب والحوافر والأظافر Claws, hoofs & nails

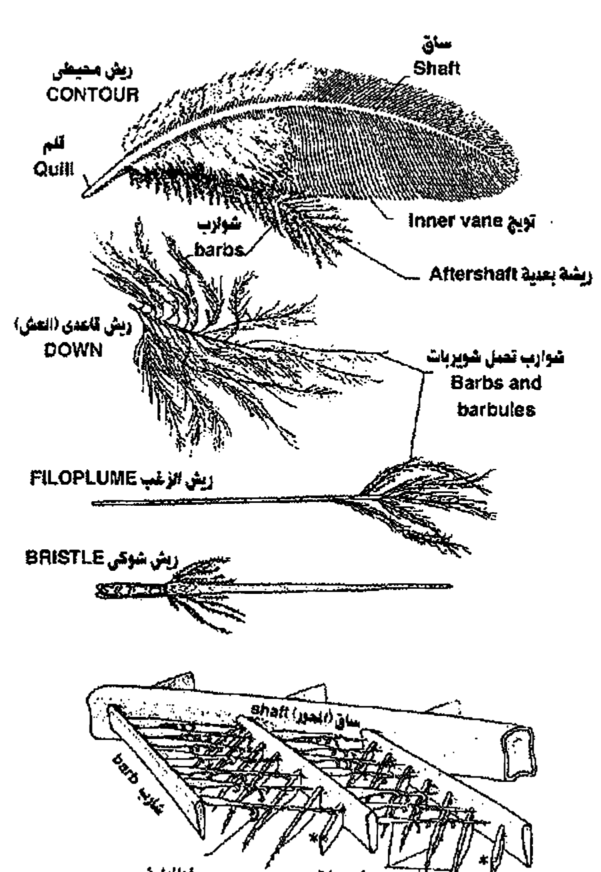
هى تحورات من الـطبقة القـرنية فى نهـايات الأصابع. ظهـرت المخالب أولا فى الزواحف، ثم فى الطيور (شكل ٥-٤٧أ) ومعظم الثدييات. تطورت المخالب إلى حوافر فى الحافريات (شكل ٥-٤٧ب) وإلى أظافر فى الـرئيسيات (شكل ٥-٤٧جـ). وتتكون كلها من جزءين مقوسين، صفيحة ظهرية **unguis** وأخرى بطنية **subunguis**. الجزءان يلتفان جزئيا حول العقلة الطرفيــة التى تكون عادة مدببة فى حالة المخلب، مستديرة فى حالة الحافر أو الظفر.



شكل (٥-٤٧) *قطاعات سمنية* **sagittal** *فى:*
(أ) المخلب. (ب) الحافر. (جـ) والظفر.

ويوجد جزء ثالث أكثر لينا عبارة عن وسادة قرنية تشبه الكاللو **callus-like corneal pad**، توجد غالبا فى الحافريات **cuteus** يسميها الخيالة الضفدع، وهى محاطة جزئيا بواسطة الصفيحة البطنية. الصفيحة الظهرية السميكة والقوية للحافر تكون على شكل حرف **V** أو **U**، ولذلك يمكن تسمير حدوة فيها **horse shoe**. الصفيحة الظهرية فى الظفر أصبحت مفلطحة والبطنية ضامرة جدا. نتيجة لذلك فإن الظفر يغطى السطح العلوى فقط من الإصبع.

بالإضافة إلى مخالب الأصابع فى الطيور، فإن أحد أصابع الأجنحة أو أكثر تحمل مخالب حادة غالبا، كما فى النعام **ostrich** والأوز وغيرها. المخالب والحوافر والأظافر تبلى بالاحتكاك.



شكل (٥-٤٨) *أربعة أنواع من الريش.*
الشكل الأسفل: جزء مكبر من ريشة محيطية يوضح الشوارب والشويربات والخطاطيف

٤- الريش **Feathers**

توجد ثلاثة أنواع منها: ريش محيطى **contour**، ريش العش **down** والزغب **(plumules)** **filoplumes** الذى يشبه الشعر (شكل ٥-٤٨).

الريش المحيطى

يغطى الشكل العام للجسم. تتركب الريشة من ساق قرنية **shaft** وتويج مفلطح **vane**. الجزء القاعدى من الساق يسمى القلم **quill** والجزء الذى يحمل التويج يسمى

المحور **rachis**. يتكون التـويج من الشـوارب **barbs** تحمل شـويربات **barbules**. وتلك تلتصق ببعضها بواسطة خطاطيف **hooklets**، وبذلك يتكون تويج مترابط. وقد تكون الخطاطيف غـائبة فى الشويربـات القاعدية وتكون المنطقـة هفهـافة **fluffy**. وفى النعام وقليل من الطيور يكون الريش هفهافا.

عند قاعدة المحور، توجد نقرة تسمى النقرة السرية العليا **superior umbilicus** ينشأ عندها ريشـة محيطية تسمـى ريشة بعدية **after-feather** تكون أصغر من الريشة الرئيسية، وقد تكون عبارة عن شويربات بدون خطاطيف.

فى حالة طائر الإيمو **emu** تكون الريشة البعدية فى نفس طول الأصلية، فيتكون ريش مزدوج.

ريش العش Down feather

صغير وهفهـاف. يوجد أسفل وبين الريش المحيطى. الطيور الصغيـرة جدا تفتقر إلى الريش المحـيطى ويغطيهـا ريش العش. وتتـركب الريشة من قلم قـصيـر وتاج من الشوارب تنشأ من الطرف الحر، ولا توجد خطاطيف.

الزغب Filoplumes

ريش يشبه الشعـر، يتركب من ساق يشبه الخيط. وهذا الريش مـبعثر بين الريش المحيطى. ريش ذيل الطاووس الطويل جدا والملون عبارة عن ريش زغبى.

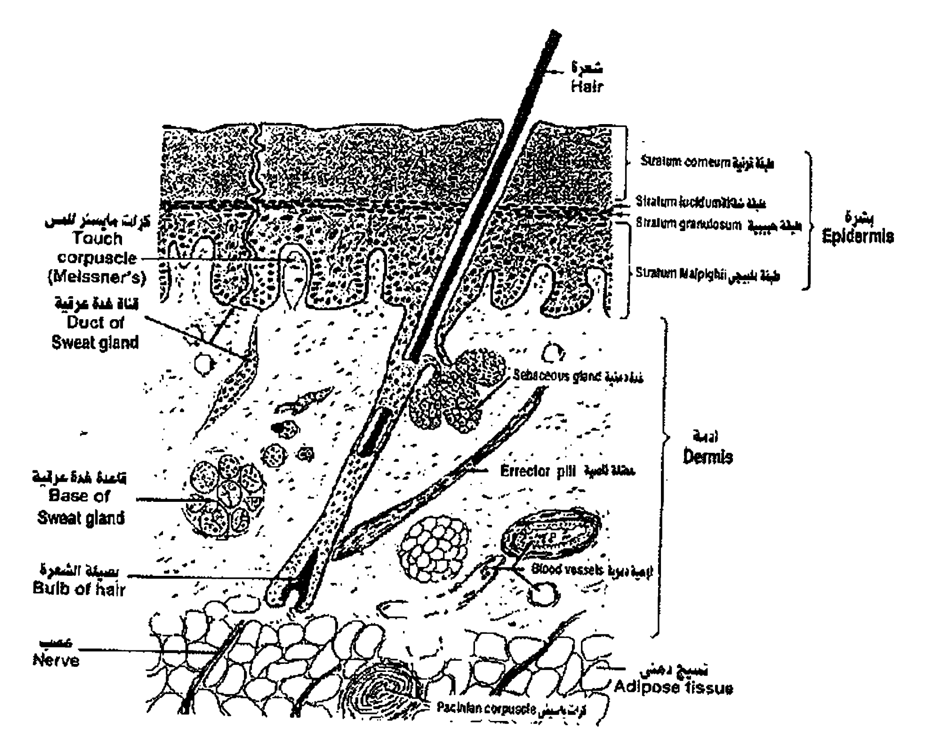
٥-الشـــعر Hair

يوجد فى الثـدييات فـقط. وهو مثل الريش عـبارة عن زوائد مقـرنة من الجلد. الشعر قد يكون فراء **fur** غزيرا يغطى الجسم كله كما فى الدببة والثعالب وغيرها.

وقد يكثر فى مناطق محـددة كما فى الإنسان، وقد يوجد فقط شعـرة شوكية أو اثنتان فوق الشفة العليا كما فى الحيتان.

حينما يكون الشعر كثيفا، يكون له تأثير عازل، ويعتبر أعضاء لمس حساسة، كما يتضح أكثر فى حالة الشوارب **vibrissae** على وجه كثير من الثدييات.

تتركب الشعـرة من جذر منغرس فى غمـد الشعرة **follicle**، وساق يمـتد فوق الجســم (شكل ٥-٤٩). كل شعـرة مغطاة بجليـد غشـائى **cuticle** عبـارة عن خلايا مفلطحة مقرنة رقيقة وشـفافة. الشعر الخشن أو الشوكى يتركب من لب **medulla** من خلايا مقرنة منكمشة وغير منتظمة يفصلها كميات كبيرة من الهواء وتتصل بوصلات بين خلوية من الكيراتين.



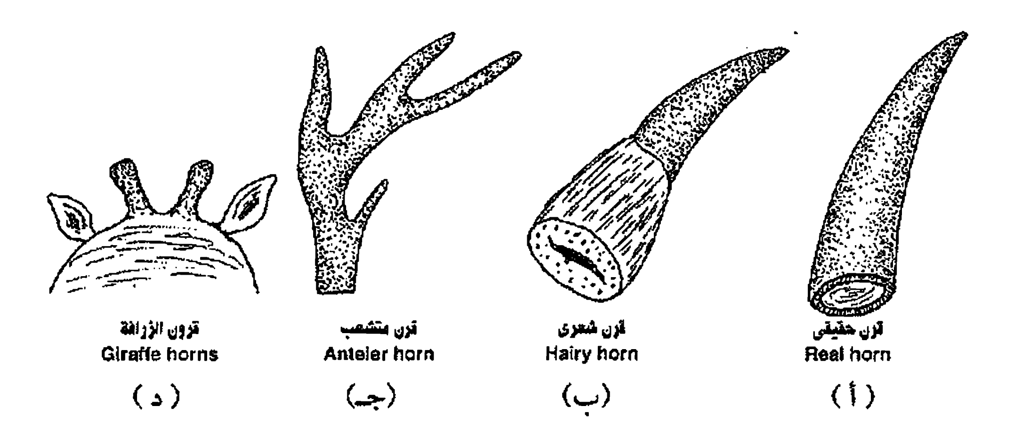
شكل (٥-٤٩) قطاع فى جلد الثدييات يوضح
تركيبه ومشتقاته من شعر وغدد دهنية

يتصل بجدار غمد الشعرة عضلة ملساء، حينما تنقبض يرتفع الشعر، الذى يعطى للحيوان اللاحم هيئة مخيفة. ويعتبر ذلك أيضا وسيلة للتنظيم الحرارى **thermoregulation**، لأنه يزيد من التأثير العازل للفراء.

الشوك فى حالة آكل النمل الشوكى يعتبر تحورات للشعر.

٦- القرون والقرون المشعبة Horns & Antelers

توجد فى الحافريات. وهى أعضاء هجوم ودفاع. تتكون القرون من مادة قرنية (كيراتين). يوجد فى القرون ثلاثة أنواع: قرون البقر (شكل ٥-٥٠أ) **bovin horns** والقرون الشعرية **hair horns** (شكل ٥-٥٠ب) وقرون الظبى شائك القرن (وعل أمريكى) **pronghorn antelers**. أما القرون المشعبة (شكل ٥-٥٠جـ) وقرون الزرافة (شكل ٥-٥٠د) فليست قرونا حقيقية.



شكل (٥-٥٠) يوضح الفروق الحقيقية والشعرية والمتشعبة

قرون البقر والقرون الشائكة

توجد تلك القـرون بين أفراد الفصيلة البـقرية **family Bovidae** (وهى الثيران **oxen**، والخراف **sheep**، والماعز **goats**، الظباء الحقيقية، الغزلان ***Gazella*** وغيرها). وكذلك الظباء شائكة القرن **pronghorn antelopes**. وهى قرون حقيقية، تتركب من لب عظمى أدمى يغطيه غلاف قرنى أجوف. القرون البقـرية تكون عادة مقوسة أو كثيرة التقـوس وهى لا تسقط أبدا. توجد فى كلا الجنسـين تختلف عنها القـرون الشائكة فى كونها متفرعة. وفى كون الغطاء القرنى يسقط سنويا.

القرون الشعرية

توجد في الكـركدن (وحيـد القرن): **rhinoceros**. وهى تختلـف عن القرون الأخرى في كونها من أليـاف بشرية مقرنة تشبه الشعر. وتكـون قرنا صلبا يغطى منطقة خشنة من العظم الأنفى. وتـوجد في كلى الجنسين، وهى لا تسـقط. وبعض الكركدن الأفريقى به قرنان واحد خلف الآخر.

القرون المشعبة وقرون الزراف Antelers & Horns of giraffe

القرون المشعبة تتميز فى فصيلة الأيائل **deer family**. وهى ليست مقرنة ولكن عبارة عن عظم أدمى متفرع يلتصق بالعظم الجبهى. القـرون المشعبة النامية تكون قطيفية الملمس، لأنها مغطاة بجلد دموى لين وشعر مخملى **velvet**. وتوجد فقط فى الذكور ما عدا الرنة **rein deer** فى الرنة أو الآيل الشمـال أمريكى **canibon**. حينما يكتمل

نمو تلك القرون عند مجيء الخريف، يغلق الإمداد الدموى للمخمل عند قاعدة القرون، ويتساقط الجلد تاركا عظما مكشوفا. وفى نهاية موسم الدورة التزوية **rutting season**، حيث لم يعد هناك ضرورة لحماية منطقة نفوذ الذكر، ويقل تركيز هرمون التستسترون فى الدم. فإن تلك القرون تسقط مع بعض مساعدة من الحيوان الذى قد يجدها مزعجة.

قرون الزرافة **giraffe** تشبه القرون المتشعبة، فهى امتدادات عظمية قصيرة للعظم الجبهى **frontal**، وتبقى فى مخملها طوال الحياة.

٧-البالين Baleen

الحيتان عديمة الأسنان لديها ١٠٠-٤٠٠ صفائح قرنية رقيقة عريضة من الطلائية الفمية تسمى عظم فك الحوت أو البالين **whalebone**. وهى تتدلى فى التجويف الفمى معلقة من سقف الحلق على امتداد طوله. كل صفيحة مشرشبة **fringed** على طول حافتها، وتعمل الشراريب **fringes** مثل الأمشاط التى تصفى الطعام من الماء المار خلالها. صفائح الحوت الضخم تفوق ثلاثة أمتار فى الارتفاع. الاختلافات فى ترتيب وشكل الصفائح ترتبط بالعادات الغذائية، فالحوت الأزرق يسبح نحو حشد من الأسماك الصغيرة أو القشريات يفتح فاه ويأخذ الماء والغذاء، حتى يمتلئ جيب ضخم يوجد أسفل اللسان والبلعوم وجدار الصدر بنحو ٧٠ طنا من الطعام والماء. ثم يغلق الفم ويفرغ الجيب، بدفع الماء خلال الغربال ثانية نحو البحر يبلع الطعام المتجمع على مهل خلال زور ضيق جدا. حيتان أخرى تقشد سطح الماء من البلانكتون تاركة الفم مفتوحا أو تتغذى عند القاع.

البالين يبلى باستمرار ويستبدل بآخر مثل الشعر والأظافر.

٨-تركيبات قرنية أخرى

أجراس الحية: rattles. الحية ذات الأجراس **rattle snake** بها حلقات من طبقة قرنية ملتصقة بالذيل (شكل ٥-٥١)، تتكون بعد كل انسلاخ.

المنقار القرنى: عبارة عن غلاف قرنى يغطى المنقار العظمى فى الطيور.

تصلبات حوضيه: Ischial callosities

عبارة عن مناطق قرنية سميكة يجلس عليها القرد.

شكل (٥-٥١) *أجراس الحية ذات الأجراس* Rattle snake

تصلبات بالركبة: **knee pads** قرنية أيضا يبرك عليها الجمل.

وسائد طرفية: **apical pads** على أطراف الأصابع يمشى عليها معظم الثدييات.

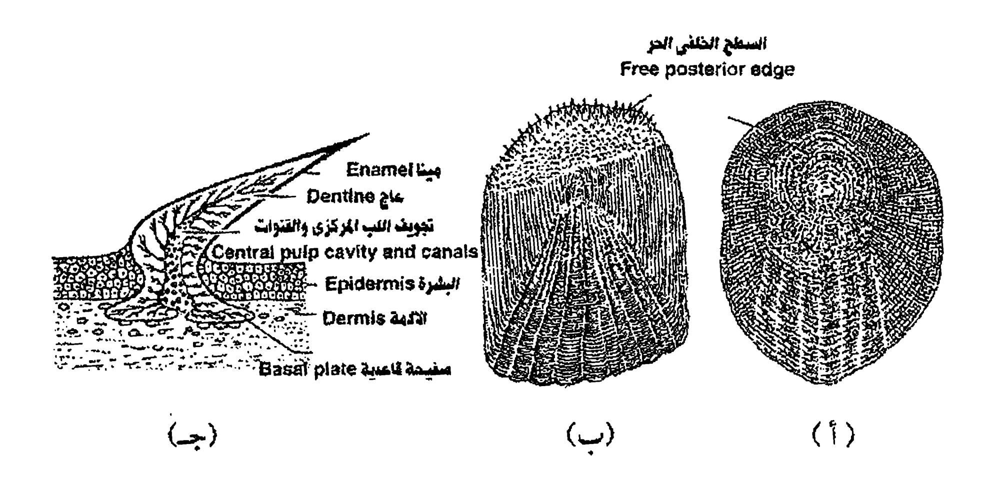
نتوءات: **tori** على كفوف القدم في معظم الثدييات بخلاف الحافريات.

ب-الهيكل الخارجي الأدمى Dermal exoskeleton

تنشأ من الأدمة تركيبات عظمية تمثل الهيكل الخارجي الأدمى. تلك التركيبات هي:

١-قشور الأسماك

توجد عدة أنواع من قشور الأسماك العظمية، مثل القشور الحلقية **cycloid scales** (شكل ٥-٥٢أ)، وهى قشور عظمية رقيقة مستديرة الحافة ومتراكبة **overlapping** حتى تسمح بحرية حركة الأسماك، وقشور مشطية (شكل ٥-٥٢ب)، وهى مثلها ولكن الطرف الحر المستدير مزود بأسنان تجعلها تشبه المشط، وهى متراكبة أيضا حيث تنغرس الأطراف الأمامية فى الأدمة والخلفية تبرز على سطح الجلد وتغطى الأجزاء الأمامية من القشور التى تليها.



شكل (٥-٥٢) *قشور الأسماك العظمية والغضروفية*

عديد من الأسماك لا تغطيها قشور مثل الأسماك القطية **catfishes** وثعابين السمك **eels**. كما لا توجد فى دائريات الفم **cyclostomes**.

كما توجد القشور السنية **placoid scales** في الأسماك الغضروفية (شكل ٥-٥٢جـ). تتركب من صفيحة قاعدية **basal plate** من العاج يخرج منها شوكة **spine** من العاج **dentine** يغطيها المينا **enamel**، تثقب الجلد لتظهر على السطح.

ويوجد بداخلها تجويف مركزى ضيق قاعدته متسعة، تدخل منه الأوعية الدموية والأعصاب لتغذية القشرة، يسمى تجويف اللب **pulp cavity**.

٢-تركيبات عظمية فى أدمة رباعيات القدم

توجد قشور عظمية فى قليل من البرمائيات تسمى عظيمات أدمية **osteo-dermis**، وكثير من الزواحف وتوجد صفائح عظمية فى المدرع **armadillo**.

التماسيح بها قشور عظمية، وبالذات على طول الظهر، حيث ترتبط غالبا بقمم قرنية **cornified crests**. السلاحف تحاط بصندوق من صفائح عظمية كبيرة تتقابل فى خطوط اتصال غير متحركة **immovable sutures**.

بين الثدييات يوجد المدرع فقط، الذى لديه درع عظمى أدمى من صفائح عديدة الأسطح متصلة بأسطح غير متحركة وتغطيها قشور بشرية.

الفصل الرابع والعشرون

الجهاز الهضمي والجهاز التنفسي

الجهاز الهضمي

DIGESTIVE SYSTEM

يشمل الجهاز الهضمي القناة الهضمية وأجزاء مساعدة على ارتباط بها. القناة الهضمية تمتد من فتحة الفم إلى المجمع **cloaca** أو فتحة الشرج **anus**.

الأجزاء المساعدة تشمل اللسان والأسنان والغدد الهضمية مثل الغدد الفمية والبنكرياس والكبد.

القناة الهضمية Digestive tract

تعمل على ابتلاع الطعام وهضمه وامتصاصه، ثم إخراج الفضلات غير المهضومة. في معظم الأسماك يدخل ماء التنفس أيضا من الفم ولكنه يتجه في الحال إلى منطقة الخياشيم.

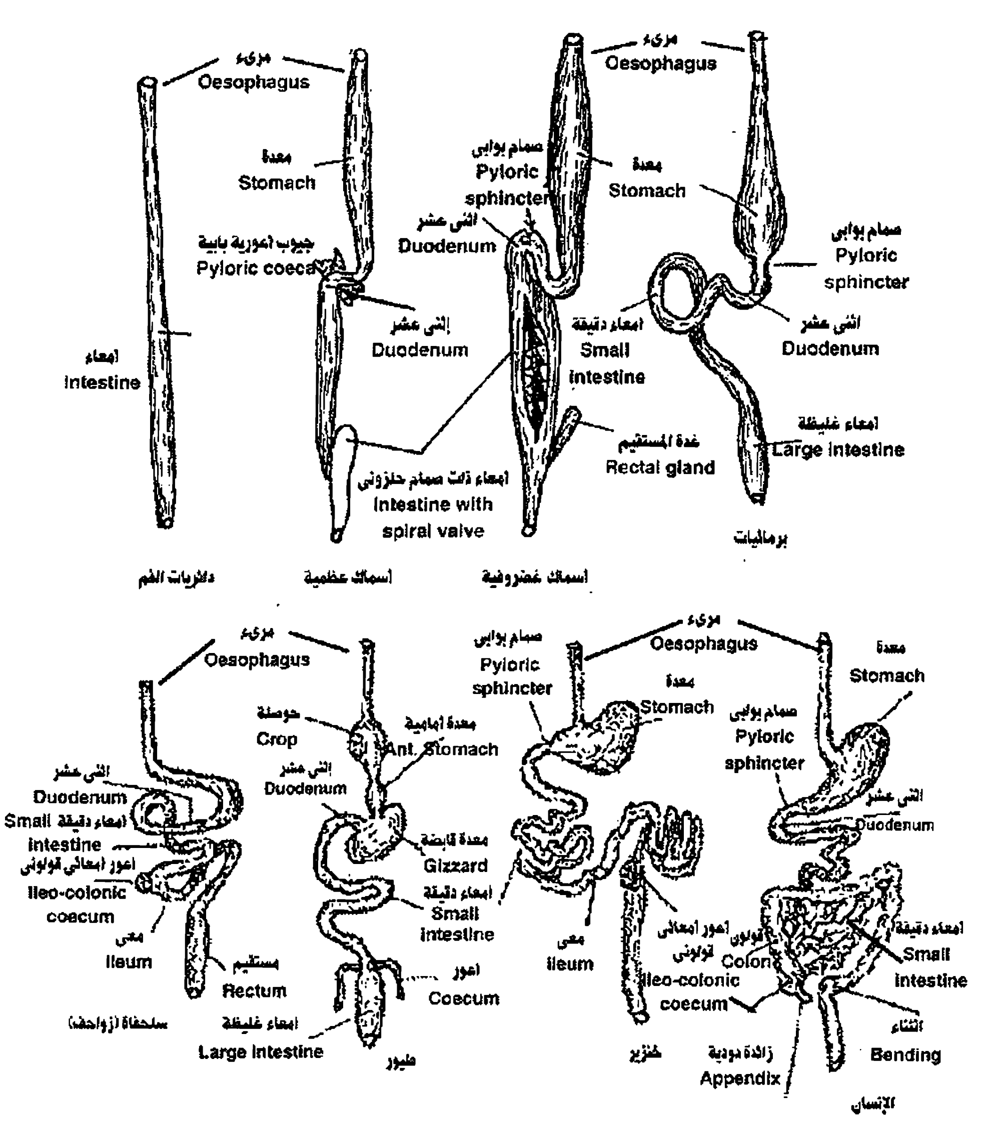
تنقسم القناة الهضمية إلى تجويف الفم **oral cavity**، والبلعوم **pharynx**، والمرىء **esophagus**، والمعدة **stomach**، والأمعاء الدقيقة والغليظة **small & large intestine** (شكل ٥-٥٣).

تتصل القناة الهضمية في معظم أجزائها بجدار الجسم الظهرى عن طريق مساريقا ظهرية **dorsal mesentery** وسطية توصل الأوعية الدموية والأعصاب إلى أجزاء القناة الهضمية.

وسوف نقوم بوصف أجزاء القناة الهضمية المختلفة والأعضاء المتصلة بها من الأمام إلى الخلف.

١- الفم والتجويف الفمي Mouth & Oral cavity

الفم هو مدخل القناة الهضمية. في الأسماك الفكية يؤدى الفم إلى التجويف البلعومي الذى ينتهي بالمرىء. في رباعيات القدم، يفتح الفم في التجويف الفمي الذى ينتهي في البلعوم.



شكل (٥-٥٣) أجزاء القناة الهضمية فى الفقاريات المختلفة

سقف التجويف الفمى يفتح منه أماما فتحات أنفية داخلية فى حالة الأسماك الرئوية والبرمائيات. في الثعابين والسحالى والطيور، يوجد ميزاب عميق هو شق سقف الحلق **palatal fissure** يحصر هواء التنفس. فى التماسيح والثدييات يكون السقف كله للتجويف الفمى هو سقف الحلق الثانوى **secondary palate**، الذى يزود بممرات أنفية طوال الطريق حتى البلعوم.

الغدد اللعابية **salivary glands** تفتح فى التجويف الفمى فى بعض الأنواع.

اللسان Tongue

اللسان فى الأسماك الفكية عبارة عن ارتفاع هلالى فى قاع البلعوم، وهو اللسان الأولى **primary tongue**. اللسان فى معظم البرمائيات يتكون من اللسان الأولى وإضافة أخرى تسمى المجال الغدى **glandular field** من قاع البلعوم أمام اللسان الأولى. وفى لسان الزواحف والثدييات، يزداد على ذلك زوج من انتفاخات لسانية جانبية **lateral lingual swellings**. فى الطيور تنضغط تلك الانتفاخات. اللسان فى اللافكيات ليس لسانا حقيقيا، ولكنه غضروف لسانى يعمل بواسطة عضلات دفع وعضلات سحب.

يستخدم اللسان للإمساك أو تجميع الطعام. اللسان فى رباعيات القدم آكلات الحشرات والتى تتغذى على الرحيق **nectar feeding** إلى الخفافيش فآكلات النمل، يكون طويلا ولزجا **sticky**، حتى يندفع وينسحب بسرعة. فى حالة العلاجيم، عندما يغلق الفم، ينطوى اللسان نحو الخلف على نفسه، ليكون طرفه متجها مباشرة نحو المرىء، وبذلك حينما يعود اللسان بعد الإمساك بالفريسة، التى تكون حشرة مثلا، فإنها تدفع خلفا نحو المرىء.

ولطائر نقار الخشب **wood pecker** لسان ينطلق مثل السهم بداخل الشقوق المظلمة فى جذوع الأشجار حاملا معه اليرقات نحو الفم. لسان الببغاء **parrot** مسلح بدرعين مجوفين مرنين من مادة قرنية، يستخدمان فى الغذاء على الحبوب والبذور والفواكه.

بداخل لسان الطيور والسحالى، توجد عظمة داخل لسانية **entoglossal bone**، مدفونة به. فى كثير فى الطيور، يوجد زوج من العظم جار اللسانى متصل بالعظم داخل اللسانى عند طرف اللسان، ويمتدان خلفا مدفونين فى قاعدته.

بعض الحيتان لها لسان عضلى ضخم غير متحرك، يوجه أطنانا من ماء البحر الداخل نحو مخازن ضخمة تحت الزور والصدر. حينما تفرغ تلك المخازن عن طريق انضغاط جدرها، ويصفى الماء من خلال صفائح مكرنشة لعظمة البالين **baleen**، فتُصفى الكائنات الحية وتتجمع فوق اللسان ذى الميزاب العميق، ثم تبلع. لسان معظم الثدييات الأخرى له قدرة الامتداد نحو الخارج **protrusible**. فى السلاحف والتماسيح وبعض الطيور، يكون اللسان غير قابل للامتداد. قليل من الثعابين ليس لديها لسان.

مخاطية اللسان تحتوى على مستقبلات ليس فقط للتذوق، ولكن أيضا لمؤثرات أخرى مثل استقبال الشكل والوزن. وفى حالة الرهليات، الاستجابة لجسم صلب عند

الأكل والحفاظ على الطعام أو رفعه. تلك الأطراف العصبية ذوات محافظ encapsulated تمكن آكلات الحشرات من أن تحدد مكان الطعام بواسطة الإحساس. ونقار الخشب يعرف ما إذا كان قد أمسك بيرقة أو جسم آخر. الطيور آكلة الحبوب لديها هذا النوع من الإحساس.

لسان معظم رباعيات القدم يشارك في البلع. اللسان الطويل يستخدم كمكان لتبريد الدم في الثدييات ذات الحرارة المرتفعة، بواسطة تبخر اللعاب saliva أثناء اللهث panting. السحالي تنظف قشورها بواسطة ألسنتها. الحلمات الشوكية في أسطح ألسنة آكلات اللحم تستخدم في نشر العظم. اللسان في الإنسان له دوره في الكلام الذي يكون غير ممكن بدونه.

الغدد الفمية Oral glands

لجميع رباعيات القدم غدد فمية، تفرز سائلا مائيا أو لزجا يحتوى على المخاط mucus وبتيالين ptyalin وهو إنزيم هاضم للنشا، أو غدد تفرز سموما toxins أو مواد أخرى. اللعاب خليط من إفرازات وواضح جدا في الثدييات. الرطوبة ضرورية لعمل براعم التذوق taste buds. الإفرازات اللزجة تبقى اللسان لزجا، والسموم دفاعية أو مخدرة للفريسة.

الغدد الفمية تسمى عادة حسب موقعها. فغدد الشفاة labial glands تفتح في دهليز الفم عند قاعدة الشفاة، الغدد الضرسية (الطواحينية) molar glands تقع بالقرب من الضروس، الغدد خلف الحجاجية في حجاج العين، الغدد سقف الحلقية palatal تفتح في سقف الحلق، وتحت اللسانية وتحت الفكية تفتح عن طريق حلمات اللسان. الغدد بين الأنفية internasal تفتح بالقرب من الفك العلوى الأمامى premaxilla.

الغدد السمية الكبيرة في الثعابين السامة هي غدد سقف حلقية، قناتها تفتح عند قاعدة سنة فكية علوية، والسم يسيل في تجويف أو أنبوبة في السنة (الناب) poison fang. في سحلية هيلودرما Heloderma، وهي السحلية السامة الوحيدة، تفرز السم الغدد تحت اللسانية.

الغدة النكفية parotid في الثدييات هي أكبر الغدد الفمية، ويكون البتيالين دائما هو أحد إنتاجها. ولكن ليست كل الغدد اللعابية في الثدييات تفرز بتيالين.

القناة النكفية تخترق عضلة messeter تحت جلد الوجنة cheek وتفتح في دهليز الفم مقابل أحد الضروس. الغدد السامة في الزواحف تشبه الغدة النكفية هستولوجيا.

الفقاريات المائية لديها رطوبة كافيــة فى تجويفها الفمى، كى تعمل براعم التذوق، وإنتاج الإنزيمــات الهاضمــة يكون إهدارا للطاقة؛ لأن أى إفراز ســوف يخفف ويزاح، الأسماك القطيــة الذكور تعتبــر استثناء من ذلك. أثناء فصل الجــماع، فإنها تحــمل بيضا مخصبا فى ثنيــات طلائية مؤقتة **crypts** فى الفم. والخلايا الكأسية **goblet cells** فى الثنيات تفرز إفرازا غزيرا **copious** فى جيوب الحضانة، وتضمحل الخلايا الكأسية بعدما يفقس البيض.

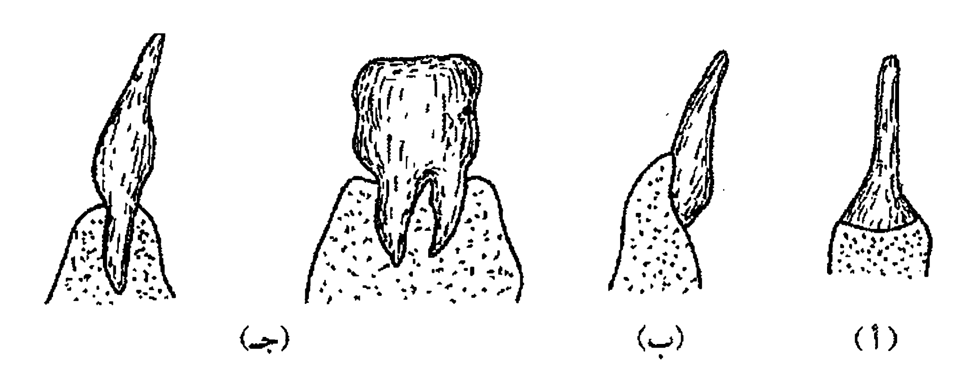
الأسنان Teeth

تتكون الأسنان من العاج **dentine** محــاطا بتاج من المينا **enamel** عند قــاعدة السنة النامية، والتى تكون العاج كلما نمت السنة، توجد حلمة أدمية **dermal papilla**، وتدعم بأوعية دموية غذائية وأعصاب، وتعطى حولها خلايا عاجية سنية **odontoblasts** تفــرز العاج، وعــضو مــينا **enamel organ** مكون من خلايــا مينا **ameloblasts** من خلايا البشرة يفرز المينا. حــينما تكون السنة فى تمام نموها، تبقى الحلمة كَلُبٍّ **pulp** فى قناة الجذر **root**. حول جذر السنة فى الفــقاريات العظمية، توجد طبــقة أسمنتية رقــيقة **cementum** كنوع من العظم، ألياف كولاجينية تثبت تلك المادة فى عظم الفك.

تختلف الأسنان بين الفــقاريات فى العدد والتوزيع بداخل التــجويف الفمى وفى المكان بالنسبــة للفك ودرجة الاستقــامة والشكل. الأسنان عديدة ومــتسعة الانتــشار فى التجويف الفمى والبلعوم فى الأسماك العظمية، تتكون على الفكوك وعظام سقف الحلق وحتى على الهــيكل البلعومى. مــعظم البرمائيــات وكثير من الــزواحف لها أسنان على العظم الميكعى **vomer** وســقف الحلق والعظم الجناحى **pterygoid**، وأحــيــانا على العظم جار الوندى **parasphenoid**.

فى التــماسيــح والثدييــات، توجــد الأسنان على الفكوك فــقط. وتكون أقل فى الثدييات. أسنان الفكوك قد تكون بالسطح الخارجى كما فــى كثير من الأسماك العظمية **acrodont dentition** (شكل ٥-٥٤أ)، وقد تكون متصلة بالسطح الداخلى من عظمة الفك **pleurodont dentition** (شكل ٥-٥٤ب) كــمــا فى البرمــائيــات وكــثيــر من السحالى. وقد تحتل الأسنــان جيوبا عظمية **thecodont dentition** (شكل ٥-٥٤جـ) كما فى كــثير من الأسماك والتمــاسيح والطيور المندثرة **extinct** والثدييات. والجيوب أعمق ما تكون فى الثدييات.

معظم الفقاريات بين الزواحف فيها تتابع للأسنان، وعدد التبديل أثناء حياتها غير محــدود ولكنه عديد **polyphyodont dentition**. فى الثدييــات فقط، يوجــد عدد



شكل (٥-٥٤) *التنوع في علاقة الأسنان مع الفكوك*

أ – تسنين طرفي Acrodont. ب– تسنين جانبي Pleurodont. جـ– تسنين جيبي Thecodont.

محـدد من الأسنان في النوع الـواحد، بـاستثنـاءات نادرة. معظم الثـدييـات تكون مجموعتين من الأسنان: أسنانا ساقطة **deciduous** أو لبنية **milk teeth** وأسنانا دائمة **permanent** ويعرف التسـنين هنا بثنائي التسنين **diphyodont dentition**. ويوجد تتابع محـدد يتم فيه شق الأسنان **eruption**. مثلا إذا رتبنا ترقـيم الأسنان الدائمة في الإنسان إلى ٨ من الأمـام إلى الخلف فإن تتـابع الشق يكون ٦، ١، ٢، ٤، ٥، ٣، ٧، ٨. شق السنة رقم ٨ وهي الضرس الأخيـر يتأخر في الرئيسيـات العليا؛ ولذلك يكون سن العقل **wisdom tooth**، أحيانا غير كامل ولا يشق غالبا. المجموعة الأولى من الأسنان تزود فك الطفل المستمـر التغيير بأسنان مؤقـتة صغيرة مناسبـة لغذاء الطفل، حتى تكون الفكوك أكثر اسـتقرارا تركيبـيا، واستطالت بدرجة كافـية لتلائم الأسنان الكبيـرة لتمزق الطعام الخشن.

قليل من الثدييات تكون مجمـوعة أولى فقط (تسنين منفرد) **monophyodont** في الثديي الأولى منقار البط **duck bill**، تستبدل المجموعة الساقطة بأسنان قرنية.

في الحيتان عديمة الأسنان، نجد المجموعة الأولى بالرغم من كونها بداخل عظمة الفك فإنها قد لا تشق، وإذا شقت فإنها عادة ما تسقط.

التنوع المورفولوجي في الأسماك

معظم القـروش آكلة أسمـاك ولها صفـوف عديدة من الأسنان الفكيـة، التي قد تكون مثلثـات مفلطحة وحـادة تستخدم في القطـع، أو أنيابا وحيدة التـدبب أو عديدة التدبب **multipointed** نحو البلعوم، وتقبض على الفريسـة المقاومة حتى تبتلع كلية. وكل سنة بها صفيحة قاعدية عريضة من العاج مدفونة في الأدمة.

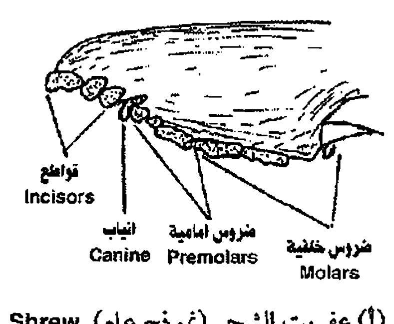
الأسنان الفكية فـي الأسماك العظمـية والبرمـائيات ومعظم الزواحف عـبارة عن مخاريط بسيطة مدببة، متصلة بعظمة غشائية أو أكثر وقد توجد أسنان صغيرة مبعثرة بين الأسنان الكبيرة، وتلك في الأمام تكون أحيانا أكبر ومقوسة بسيطا نحو الخلف.

أنياب الثعابين السامة التي يحملها عظام الفك العلوى تكون مقوسة وذات ميزاب على السطح الخلفى أو أنبوبة لحقن السم.

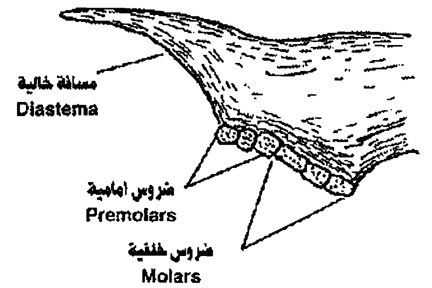
حيـنما تكون جـميع الأسنان مـتمـاثلة يسمى التـسنين مـتجانـسا **homodont** **dentition**.

التنوع المورفولوجي في الثدييات

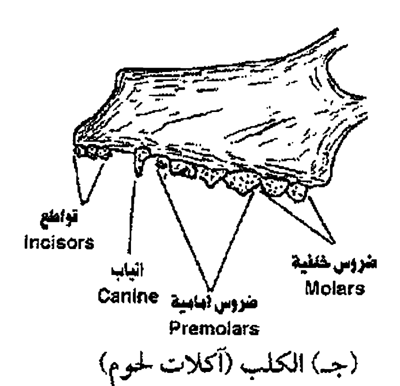
جـميع الثـدييات -باسـتثناء القلـيل- بها تسنين غـير مـتجـانس **heterodont dentition**، أى أن الأسنان تتنوع مورفولوجيا من الأمام إلى الخلف، وتعرف بما يلي: القواطع **incisors**، والأنياب **canines**، الضروس الأمامية **premolars**، والضروس الخلفية **molars** (شكل ٥-٥٥أ).



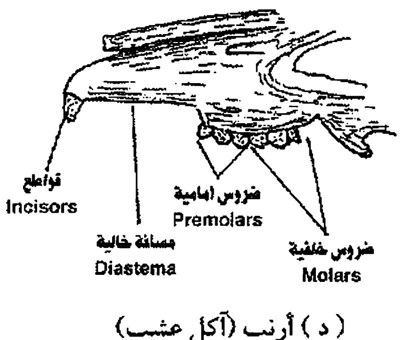
(أ) عفريت الشجر (نموذج عام) Shrew



(ب) الثور (آكلات عشب) Herbivore



(جـ) الكلب (آكلات لحوم)



(د) أرنب (آكل عشب)

شكل (٥-٥٥) الأسنان العليا فى بعض الثدييات

القواطع

تقع أماما، ولها طرف قاطع أفقي وجذر واحد. وهي جيدة في النمو في الثدييات العشبية التي تستخدمها في قطع النبات **cropping** القواطع في القوارض والأرانب بها مينا على السطح الأمامي فقط. السطح الخلفي مكون من العاج. وحيث إن المينا تعتبر أقوى وتبلى ببطء عن العاج، فإنه تتكون أسنان تشبه الأزميل **chisel-like** بسبب القرض. وبذلك تبقى القواطع طويلة جدا بسبب القرض**gnawing**.

القواطع قد تغيب كلية كما في الكسلان **sloths** أو غائبة على الفك العلوى كما في البقر **bovines** (شكل ٥-٥٥ب). أنياب الفيلة عبارة عن قواطع أمامية.

الأنياب

تقع خلف القواطع مباشرة. في حالة آكلات اللحوم تشبه الأنياب الرمح أو الحربة **spear** (شكل ٥-٥٥جـ)، وتستخدم في ثقب اللحم. الأنياب غير موجودة في القوارض والأرنبيات؛ ولذلك توجد منطقة بدون أسنان، دياستيما **diastema** (شكل ٥-٥٥د) بين آخر قاطع وأول ضرس.

الضروس

الضروس الأمامية والخلفية في آكلات اللحم تختلف كثيرا عن تلك في آكلات العشب. فهي تتخصص في تمزيق اللحم، وفي حالة العاشبات تستخدم في الطحن.

الضروس الخلفية لا تستبدل بمجموعة ثانية في الثدييات ذات التسنين الثنائي؛ ولذلك فهي تأتي متأخرا في المجموعة الأولى.

الجزء من الضرس فوق اللثة **gum**، وهو التاج **crown**، في آكلات اللحم يكون مفلطحا جانبيا، والأطراف الحادة لنتوءات المجموعة العليا والسفلى تقع بين بعضها البعض، لتكون تأثيرا مثل المقص في حالة غلق الفكوك.

الضروس في الحافريات متخصصة في طحن الحشائش أو مضغ الجرة **cud** التيجان عريضة، وتمتد المينا في أعمدة رأسية هلالية يفصلها عاج.

الضروس في بعض الثدييات تفتقر إلى بروزات حادة ومدببة. وبدلا منها فإن لها بروزات مستديرة مغطاة كلية بالمينا، وتوجد في الخرتيت وبعض المجترات الأولية، وبعض القوارض والإنسان.

القوارض، أكبر رتبة في الثدييات ولديها تنوع كبير في الغذاء، تبدى أكبر تنوع في الأسنان. بعضها ذات تيجان منخفضة وجذور طويلة كما في السنجاب، وبعضها

الأخر ذات تيجان عالية وجذور قصيرة كما في فئران الخشب. الضروس في الإنسان -مثل السنجاب- ذات تيجان منخفضة وجذور طويلة والعكس في حالة الحصان.

الحيتان لها ثلاثة قواطع، وناب واحد، وأربعة ضروس أمامية وثلاثة خلفية على كل جانب من الفك، أى يكون المجموع ٤٤ سنة. ويعبر عن ذلك بالمعادلة السنية ٣-١-٤-٣/٣-١-٤-٣ (يمثل البسط بالترتيب القواطع والأنياب والضروس الأمامية والضروس الخلفية في نصف الفك العلوى، ويمثل المقام نفس الترتيب في نصف الفك السفلى.

وفيما يلى المعادلة السنية لبعض الثدييات ذات العادات الغذائية المتنوعة:

الكيسيات Marsupialia: أبوسم أمريكى **American opossum**

٥ - ١ - ٣ - ٤
____
٤ - ١ - ٣ - ٤

الرئيسيات Primates: تارسيس **Tarsius**

٢ - ١ - ٣ - ٣
____
١ - ١ - ٣ - ٣

آكلات اللحم Carnivora: الكلاب **canines**

٣ - ١ - ٤ - ٢
____
٣ - ١ - ٤ - ٣

القطط **Felids**

٣ - ١ - ٣ - ١
____
٣ - ١ - ٢ - ١

الأرنبيات Lagomorpha: الأرانب **rabbits**

٢ - صفر - ٣ - ٣
____
١ - صفر - ٢ - ٣

القوارض Rodents: السنجاب **squirrel**

١ - صفر - ٢ - ٣
____
١ - صفر - ١ - ٣

البقر Bovines:

صفر - صفر - ٣ - ٣
____
٣ - ١ - ٣ - ٣

الأسنان القرنية البشرية Horny epidermal teeth

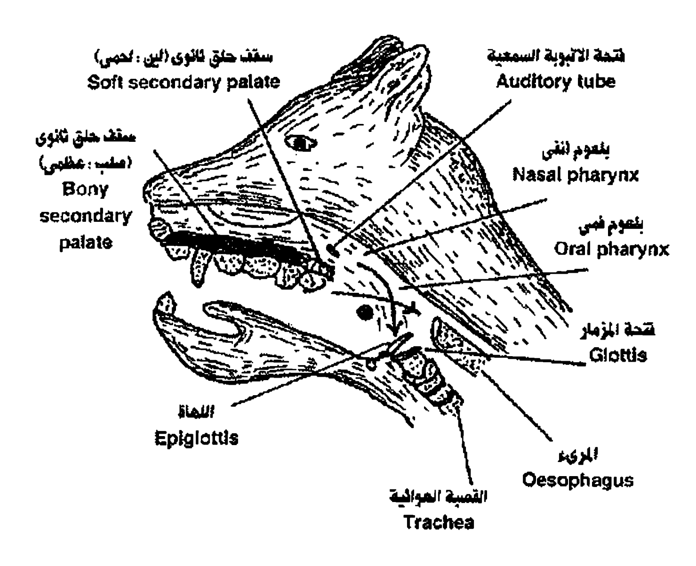
اللافكيات بها أسنان قرنية فقط فى القمع الفمى وعلى اللسان، تستخدم فى نشر الفريسة. أبو ذنيبة **tadpoles** فى الضفادع والعلاجيم به عدة صفوف من الأسنان القرنية فوق شفاة مؤقتة، وتستخدم فى نشر الطحالب **algae** والحشائش الأخرى **weeds**، التى تمثل غذاء أبى ذنيبة. عند التحور نحو الطور اليافع، تسقط الأسنان القرنية ويحل محلها أخرى عظمية فى بعضها، تنمو على العظام الغشائية التى تكسو غضاريف الفكوك. قبل الفقس فى السلاحف والتماسيح والسفندون **sphenodon** والطيور والثدييات الأولية، توجد سنة بيضة قرنية مؤقتة **temporary horny egg tooth**، تستخدم فى تكسير القشرة. وبعد ما يفقد صغير منقار البط مجموعته الأولى من الأسنان العظمية، فإنها تستبدل بأسنان قرنية طوال الحياة.

المنقار القرنى فى السلاحف والطيور به غالبا شرشرة تؤدى بعض وظائف الأسنان.

٢-البلعوم Pharynx

البلعوم هو الجزء من القناة الهضمية الذى تتكون فيه جيوب بلعومية **pharyngeal pouches** فى الجنين، وتبقى تلك الجيوب وزوائدها الخيشومية مكونة الجهاز التنفسى فى الأسماك. أما فى البرمائيات والزهليات، فإن البلعوم يعتبر هو ذلك الجزء من القناة الهضمية الذى يسبق المرىء مباشرة. الخصائص الأكثر أهمية فى بلعوم رباعيات القدم هى فتحة المزمار **glottis** (شق يؤدى إلى الحنجرة **larynx**)، وفتحات الأنابيب السمعية والفتحة التى تؤدى إلى المرىء. فى الثدييات (شكل ٥-٥٦) تمتد فوق المزمار ثنية غضروفية **cartilaginous flap** تسمى اللهاة **epiglottis**. فى حالة البلع تمتد الحنجرة أماما (إلى أعلى فى الإنسان) تجاه اللهاة وتمنع المواد الغريبة من دخول الممر إلى الرئتين. فى كثير من الأنواع، أقل من الثدييات، توجد ثنية من طلائية مصلية تؤدى هذه الوظيفة.

البلعوم فى الثدييات يتكون من بلعوم فمى **oral pharynx (oropharynx)** يبدأ عند الطرف الخلفى لسقف الحلق اللين، ويمتد حتى المزمار وفتحة المرىء. الممرات الأنفية، التى نشأت بتكوين سقف الحلق الثانوى **secondary palate**، تفرغ فى البلعوم الأنفى أماما، ويفتح فى جدره الجانبية أنبوبتان سمعيتان تنشآن من الزوج الأول من الجيوب البلعومية. البلعوم الأنفى مغلق تماما عن البلعوم الفمى أثناء البلع، حينما تسحب عضلات معينة الطرف الخلفى لسقف الحلق اللين مقابل سقف البلعوم بإحكام.



شكل (٥-٥٦) *رسم يمثل التجويف الفمى فى الثدييات*

يوجد بلعوم حنجرى **laryngeal pharynx** فى بعض الثدييات ومنها الإنسان. وهو عبارة عن امتداد خلفى للبلعوم الفمى حتى خلف الحنجرة **larynx**، يؤدى إلى المرىء، ويوجد فقط فى الأنواع التى بها فتحة المرىء أكثر بعدا عن المزمار. فى القردة والإنسان، توجد ثنية لحمية معلقة من الحافة الخلفية لسقف الحلق اللين بداخل البلعوم الفمى.

٣-المرىء **Oesophagus**

عبارة عن أنبوبة عضلية ممتدة ما بين البلعوم والمعدة. وهى قصيرة فى الفقاريات بدون رقبة.

من مخصصات المرىء القليلة وجود الحوصلة **crop** فى بعض الطيور. وهى عبارة عن جيب غشائى منفرد أو مزدوج من المرىء، يوجد فى الطيور آكلة الحبوب، ويستخدم فى تخزين مبدئى للطعام. قد يفرز فيه إنزيم للهضم الأولى. فى ذكور وإناث الحمام، يحدث تحطم دهنى لجزء غدى من بطانة الحوصلة تحت تأثير البرولاكتين **prolactin**. الخلايا تطرد ويعاد مضغها **regurgitated** مع طعام مهضوم جزئيا كلبن الحمام **pigeon's milk**.

٤-المعدة **Stomach**

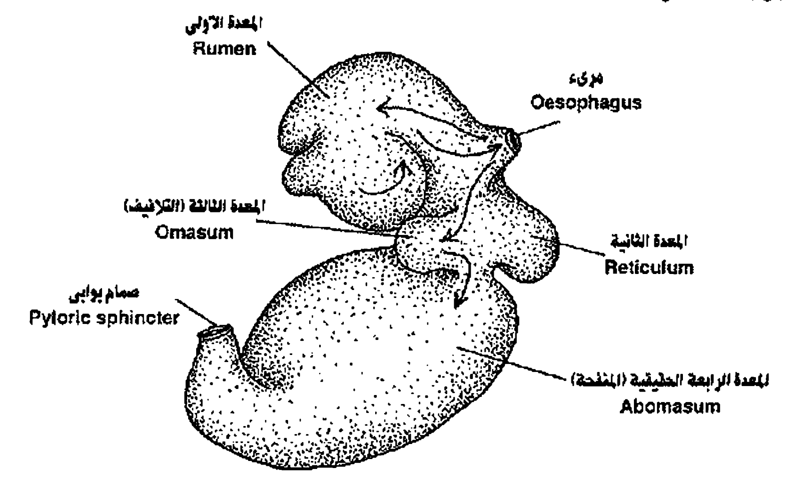
عبارة عن غرفة عضلية أو مجموعة من الغرف عند نهاية المرىء. وهى تعمل كمخزن ومكان تليين **macerating site** للمواد الصلبة الداخلة، وتفرز المعدة إنزيمات هاضمة، تتسبب فى تسييل الطعام جزئيا قبل مروره إلى الأمعاء.

من النادر وجـود المعدة في دائريـات الفم. وتنتهى المعـدة عند الصـمام البـوابى pyloric sphincter.

عـادة تكون المعـدة على شكل حـرف J أو U. المعـدة فى بعض الفـقـاريات، وبالذات في الأسماك بها أعور coecum أو أكثر. فى الطيور تكون المعدة غالبا مقسمة إلى معدة غـدية proventriculus وقانـصة gizzard. المعـدة الغدية تـفرز إنزيمـا هاضما، والقانصة تحول الطعام إلى هريس mash. القانصة مبطنة بغشاء قرنى ويحتوى غالبا على نتوءات pebbles.

المعدة الغدية والقانصة تامـة التكوين فى الطيور التى تأكل الحبوب والبذور، وأقل تكوينا فى الطيور اللاحمة. والتماسيح أيضا لها معدة تشبه القانصة.

معـدة الثدييات أحـيانا تنقـسم إلى عدة غرف، خـصوصا فـى الثدييات المجـترة ruminants. الحشائش أو حتى الحبوب تُمضغ chewed بسيطا ثم تبلع. بعد ذلك تمر إلى المعـدة الأولى rumen (شكل ٥-٥٧)، حـيث يتم هـضم أولى وبالذات بتـأثيـر البكتريا. ثم يتجه الطعام نحو المعدة الثانية reticulum، التى تكون بطانتها جيوبا مثل جيـوب مشط عسل النحل، مـن بروزات وحفر عـميقة. هـنا يتحول الطعـام إلى جرة (مضغة) cud، الذى يعاد خروجه عند الحاجة ليعاد مضغه فى أوقات الفراغ. بعد المضغ الجيد يبتلع الطعام ثانيا. الآن يمر الطعام إلى المعدة الثالثة (التلافيف) omasum، حيث تفـرز عليه إنزيمـات لعابـية. وفى النهـاية يدخل الطعـام إلى المعدة الرابعـة (المنفحـة) abomasum، وبها الأنواع العادية من الغـدد المعدية، وبطانتها مع بطانة المعـدة الثالثة تكون بروزات طولية longitudinal ridges.



شكل (٥-٥٧) معدة الحيوانات المجترة وغرفها المختلفة

٥-الأمعاء Intestine

تبدأ الأمعاء عند الصمام البوابى وتنتهى عند الطرف الأمامى للمجمع أو عند فتحة الشرج إذا لم يوجد مجمع. وهى نسبيا مستقيمة فى الأسماك. وفى رباعيات القدم تكون طويلة. وهى ملتوية **tortuous** فى رباعيات قدم أخرى، حيث يزداد السطح الماص. فى كثير من الأسماك يوجد صمام حلزونى **spiral valve or typhlosole** يؤدى ذلك إلى زيادة مساحة السطح الماص.

الأمعاء عضلية وبطانتها غدية. الجزء الأول يسمى الإثنى عشر **duodenum**، الذى يستقبل قنوات من غدد هاضمة، الكبد والبنكرياس. بعد الإثنى عشر، تكون الأمعاء فى السحالى والطيور والثدييات مبطنة بخملات تشبه الأصابع تزيد من السطح الماص **absorptive surface**، وهى مزودة بمسافات ليمفاوية **lymphatics**، تسمى مساحات لبنية **lacteals**، تجمع الدهون المهضومة. فى الثدييات تقسم الأمعاء إلى **jejunum** ومعى **ileum** تبعا لشكل الخملات وطبيعة البطانة المصلية وعدد العقد الليمفاوية التى تكون كثيرة فى الـ **jejunum**. الأمعاء الدقيقة هى المكان الرئيسى للهضم والامتصاص. تفريغ الأمعاء الدقيقة ينظم بواسطة صمام معوى قولونى **ileo-colic sphincter** فى رباعيات القدم.

الأمعاء فى الأسماك تكون أبسط منها فى رباعيات القدم. ولا تنقسم إلى أمعاء دقيقة وأمعاء غليظة. فى البرمائيات، تكون الأمعاء الغليظة قصيرة ومستقيمة. فى الثدييات وبعض الزواحف والطيور، تنقسم إلى قولون **colon** ومستقيم **rectum**. يبدأ القولون عند الصمام المعوى القولونى وينتهى بشكل متنوع. وفى الإنسان ينتهى فى انثناء على شكل حرف **sigmoid flexure S**. المستقيم هو الجزء الطرفى المستقيم من الأمعاء الغليظة فى التجويف البطنى. الوظيفة الرئيسية للمعى الغليظة هى استعادة الماء من بقايا المواد الغذائية المهضومة.

الأعور Caecum

الأعور هو امتدادات مغلقة فى القناة الهضمية من المرىء حتى القولون. الأعور الهضمى فى شكله البسيط يوجد فى السهيم. كيس الحوصلة فى الطيور عبارة عن أعور مريئى.

فى الأسماك من المعتاد وجود امتدادات أعورية بوابية، واثنى عشرية، وبالذات فى الأنواع التى تفتقر إلى صمام حلزونى. يوجد فى سمك الماكريل حوالى ٢٠٠ أعور. بعد الإثنى عشر، تكون الجيوب الأعورية نادرة فى الأسماك والبرمائيات. جيوب أعورية

معوية قولونية تعتبر عادية في الرهليات يوجد عادة اثنان في الطيور. في الحيوانات التي تتغذى على السيلولوز، تأوي الجيوب الأعورية المعوية القولونية بكتيريا هاضمة للسيلولوز، قد تكون ملتوية وقد تفوق الأمعاء الغليظة في تجويفها. في الثدييات آكلة الحشرات أو اللحم، تكون قصيرة أو غائبة. الأعور ينتهي في زائدة دودية **vermiform appendix** في الحافريات والقوارض والأرانب وكثير من الثدييات الأخرى.

توجد في الأسماك الغضروفية، غدة مستقيمة **rectal gland**، وهي أعور يفرز كلوريد الصوديوم.

المجمع Cloaca

المجمع هو غرفة في نهاية القناة الهضمية. وهي تستقبل الأمعاء والقنوات البولية والتناسلية، ويفتح المجمع نحو الخارج.

في الثدييات المشيمية، ينقسم المجمع في الجنين إلى ثلاثة ممرات منفصلة، وتفتح الأمعاء مباشرة نحو الخارج عن طريق فتحة الشرج **anus**.

الكبد Liver

يتصل الكبد بالاثنى عشر عن طريق مساريقا تسمى رباط كبدى إثنى عشرى **hepato-duodenal ligament**، وبالمعدة عن طريق رباط كبدى معدى **gastrohepatic ligament** يصل بين الكبد والمعدة البوابية. وهذان الرباطان يكونان قنطرة توصل القناة الصفراوية العامة والشريان الكبدى والوريد الكبدى البابي.

يعود الدم من المعدة والأمعاء والبنكرياس إلى الكبد خلال جهاز من أوردة بابية، حيث تزاح الزيادة من الجلوكوز عن حاجة الأنسجة وتتحول إلى جلوكوز -٦- فسفات، ثم تختزن على هيئة نشا حيواني **glycogen**.

تزاح الأحماض الأمينية من شعيرات الكبد لعملية التمثيل، التي يكون من نتاجها نشادر **ammonia**، وحامض بوليك **uric acid** وبولينا **urea**. وتلك تحمل بواسطة الأوردة الكبدية، ويتم إخراجها عن طريق الكليات. الكبد أيضا يكون الصفراء **bile** التي تحول الدهون في الأمعاء إلى مستحلب استعدادا للهضم والامتصاص. كما يكون الكبد العديد من بروتينات الدم، تشمل **prothrombin & fibrinogen** اللازمين للتجلط. كما يتم في الكبد تكسير الهيموجلوبين المنطلق من كرات الدم الحمراء التي تشيخ. هذا التكسير يكون حبيبات الصفراء الحمراء والخضراء، التي تصبح جزءا من الصفراء التي تختزن في الحويصلة المرارية **gall bladder**. وشكل الكبد يتبع المساحة

المناسبة فى السيلوم. فى الحيوانات ذات الجـذع الطويل، يستطيل الكبد، وفى الحيوانات ذات الجذع القصير يكون الكبد قصيرا وعريضا.

الحويصلة المرارية Gallbladder

توجد فى معظم الفقاريات بما فى ذلك دائريات الفم ولكن ليس فى الجلكى. كما أنها غير موجودة فى كثير من الطيور والجرذان والحافريات وحيدة الظلف والحيتان.

الحويصلة المرارية تفـتح فيها قناة حـوصلية **cystic duct**، تدخل منها الصـفراء وتغادرها وتـعمل المثانة أصـلا فى تخزين الصـفراء. الحـيوانات التى تفـتقد إلـى المثانة الصفراوية، يكون الدهن قليلا فى غذائها.

البنكرياس Pancreas

يتكون البنكرياس من مكونين متـميزين هستولوجـيا ومستقلين وظيفـيا، جزء ذو إفراز خارجى **exocrine** يتكون من حويصلات **acini** تفرز إنزيمات هاضـمة توصلها القنوات البنكرياسية، وجزء ذو إفراز داخلى **endocrine** تمثله جزر لانجرهانز **islands of Langerhans**، تفرز هرمـونات فى تيار الدم. وفى دائريات الفم وفقـاريات أخرى قليلة، لا تُكوّن تلك المكونات جزءا من نفس العضو.

يختلف البنكرياس من عـضو مفكك **diffuse** إلى عضو مـتماسك **compact**، مكون غـالبا من عدة فـصوص ويقع فى المـساريقا البـطنية للمـعدة والإثنى عـشر. فى الأسماك الغضروفـية يكون البنكرياس متماسكا، ومفككا فى معظم الأسـماك العظمية. حينما يكون مفكـكا فإن النسيج يكون موزعا على طول الأوعية الـدموية فى المساريقا. فى دائريات الفم، لا يـوجـد بنكرياس مـسـتـقل، جـزءا الإفـراز الخـارجى والداخلى منفصلان، وبعض خلايا الإفراز الخارجى تبقى فى طلائية الأمعاء.

قناة البنكرياس قد تفتح فى الإثنى عشر مع القناة الكبدية العامة كما فى الخراف. وقد تفـتح مسـتقلة عنهـا، كما فى الخنزير والثـور. وقد يوجـد النوعان كـما فى القط والإنسان حينمـا تكبر إحدى القنوات الكبدية وتبـقى الأخرى كقناة بنكرياسية مـساعدة **accessory pancreatic**.

الجهاز التنفسى

RESPIRATORY SYSTEM

التنفس معناه تبادل الغازات بين ثانى أكسيد الكربون فى الدم وبين الأكسجين فى الوسط الخارجى، وهذا قد يكون الماء الذى يعيش فيه الحيوان كما يحدث فى الأسماك، ويكون التنفس بواسطة الخياشيم، وقد يكون الهواء كما فى رباعيات القدم حيث التنفس بواسطة الرئات.

الخياشيم Gills

تتكون الجيوب الخيشومية المزدوجة على جانبى البلعوم، كغرف تفتح فيه من الداخل، وتفتح نحو الخارج بواسطة فتحات خيشومية خارجية، غير مغطاة فى الأسماك الغضروفية، ومغطاة بغطاء خيشومى **operculum** فى حالة الأسماك العظمية. وتمتد بطانة الغرف فى زوائد إصبعية متفرعة **finger-like processes** تسمى خيوطا خيشومية **gill filaments**، مزودة بشعيرات دموية عديدة، حيث يتم تبادل الغازات بين ثانى أكسيد الكربون فى الدم وبين الأكسجين المذاب فى الماء الذى يمر على الخياشيم.

فى الجلكى: توجد سبعة أزواج من الغرف الخيشومية مبطنة بخيوط خيشومية ويصل العدد إلى ١٥ زوجا فى الأنواع الأخرى من مستديرات الفم. والغرف الخيشومية تفتح فى البلعوم (الأنبوبة التنفسية **respiratory tube**) بواسطة فتحات خيشومية داخلية، ونحو الخارج بواسطة فتحات خيشومية خارجية **external gill slits**. يدخل الماء ويخرج عن طريق الفتحات الخيشومية الخارجية، حيث إن القمع الفمى يكون عادة ملتصقا بجسم الفريسة (فى الأنواع المتطفلة). بالنبض فى العضلات البلعومية، وخصوصا عضلات جدر الغرف الخيشومية، يدفع ماء التنفس خلال الفتحات الخيشومية الخارجية، ويطرد بنفس الأسلوب، الفتحات الخيشومية الخارجية تحرسها زوائد رفيعة من الجلد، تعمل كصمامات ثنائية الاتجاه.

الخياشيم فى الأسماك الغضروفية

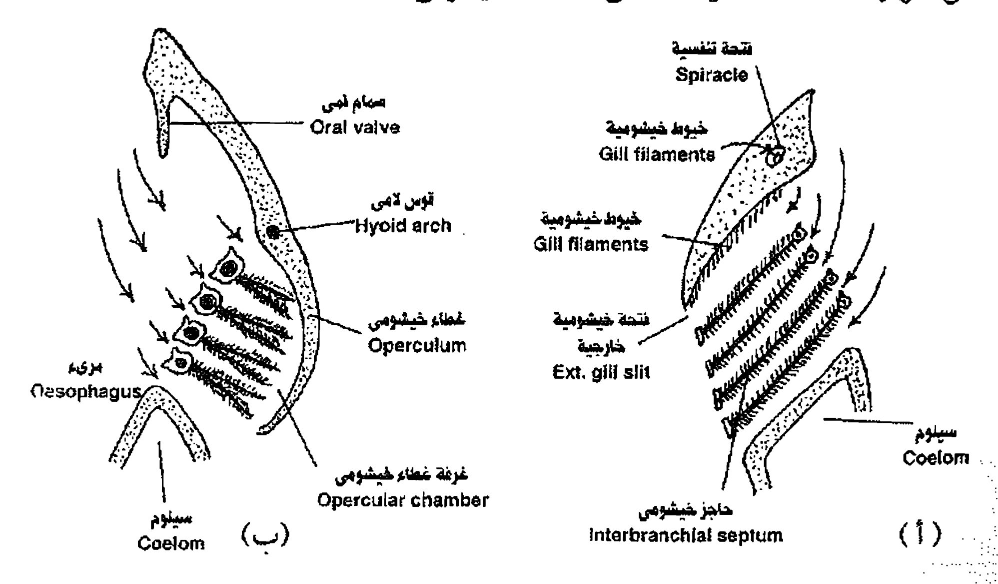
معظم الأسماك الغضروفية، والقروش والقوبعيات والراى، بها خمسة أزواج من الغرف الخيشومية ذات فتحات داخلية وخارجية أيضا، وزوج من الفتحات التنفسية **spiracles** أماماً ونحو الظهر (شكل ٥-٥٨أ). قليل من القروش بها ستة أو سبعة أزواج من الغرف الخيشومية.

يدخل ماء التنفس إلى البلعوم عن طريق الفم والـفتحة التنفسية، والأخـير يتجه نحو الغرفـتين الأولتين. يدفع الماء خلال الفـتحة التنفسـية والفم المفتوح حينـما تنقبض العضلات البلعومية فتغلق الفتحات الخيشومية الخارجية، وتتسع الغرف الخيشومية محدثة فراغـا بداخل الغرف. يَطؤ هذا الوجه من التنفس (الشـهيق)، ثم يتوقف حـينما يكون البلعـوم قد امتـلأ بالماء. ثم يغلق الفم وتتسع الغـرف بواسطة عضـلات رافعـة وأسفل البلعوم، وتمتلئ الغرف بالماء. في الوجه الثالث للتنفس (الزفير) يُدْفع الماء خارج الغرف عن طريق الفتحات الخارجية بواسطة عضلات قابضة.

الخياشم في الأسماك العظمية

الجهاز التنفسي في الأسماك العظميـة يتبع نفس النموذج الأساسي للجهاز التنفسي في الأسماك الغضروفية. الفرق الرئيسي يقع في وجود غطاء خيشومي **operculum** يمتد فوق الخياشيم مكونا غرفة غطاء خيشومي **opercular chamber** (شكل٥-٥٨ب).

الغطاء الخيـشومي عبـارة عن ثنية عظميـة تبدأ عند القوس اللامي، وتمتـد خلفا لتغطي الغرف الخيشومية على كل جانب. من الحـافة البطنية لكل غطاء خيشومي، يمتد غشاء تدعمه أشعة. الغشاءان الأيمن والأيسر يتحدان في الوسط أسفل البلعوم، مكونين غرفة غطاء خيشومي يصب فيها الماء بعـد مروره فوق الخياشيم، وقبل طرده نحو الخارج عن طريق فتحة عند الطرف الخلفي للغطاء الخيشومي.



شكل (٥-٥٨) *رسم تخطيطي يوضح الجهاز التنفسي وسريان الماء في التنفس*
(أ) في كلب السمك. (ب) في الأسماك العظمية.

يندفع الماء في البلعوم عن طريق الفم، نتيجة خفض قاع البلعوم مع فتح الفم وغلق غطاء الخياشيم. اتساع غرفة غطاء الخياشيم نتيجة فك ثنيات الغشاء، يدفع الماء الداخل فوق الخياشيم إلى الغرفة. ثم يُغْلق الفم ويُدْفع الماء نحو الخارج عن طريق فتحة غطاء الخياشيم، برفع قاع البلعوم وضغط غرفة غطاء الخياشيم. ويوجد صمام خلف الفم مباشرة يمنع هروب الماء عن طريقه. وعلى ذلك توجد مضخة ماصة ومضخة ضاغطة تعملان بانتظام، تبقيان الخياشيم أسفلها في ماء غني بالأكسچين.

الجهاز التنفسي في رباعيات القدم

يتم التنفس في رباعيات القدم بواسطة الرئات. تنشأ الرئات كبروز وسطي من قاع البلعوم خلفا. تبقى فتحة البروز في قاع البلعوم وتصبح شقا طوليا يسمى فتحة المزمار **glottis** يطول برعم الرئة ثم يتفرع فرعين مكونين شعبتين هوائيتين ورئتين. تنمو الرئات خلفا أسفل المعي الأمامي **foregut**، إلى أن يتسعا في السيلوم، حاملين معهما جزءا من البريتون الذي يصبح الغشاء البلورى. الجزء من برعم الرئة بين فتحة المزمار والرئتين ينمو إلى الحنجرة **larynx** والقصبة الهوائية **trachea** والشعبتين الهوائيتين **bronchi**.

القصبة الهوائية والشعب

القصبة الهوائية طويلة بطول الرقبة؛ ولذلك كانت قصيرة في البرمائيات وطويلة بين الرهليات. في الطيور وبعض السلاحف، نجد أن جزء القصبة الهوائية بداخل الرقبة يكون أطول من الرقبة نفسها، وذلك لتتأقلم مع الرقبة أثناء مدها أو انثنائها والتفافها.

جدر القصبة الهوائية مزودة بحلقات غضروفية أو عظمية، لتمنعها من الانضغاط نتيجة ضغط الهواء السلبي بها. تلك الحلقات تكون عادة غير كاملة ظهريا، حيث تتصل الأطراف بواسطة عضلات غير مخططة **smooth muscles**، تتسبب في تغيير مساحة الأنبوبة حسب الحاجة. في التماسيح والطيور تكون حلقات القصبة الهوائية كاملة.

تتفرع القصبة الهوائية إلى شعبتين هوائيتين **bronchi** مدعمتين أيضا بالحلقات.

في حالة الطيور، يوجد عضو صوت **syrinx** عند تفرع القصبة الهوائية، وهي غرفة رنانة ذات جدر مدعمة بآخر حلقات القصبة الهوائية وأنصاف الحلقات الشعبية الأولى. تمتد ثنيات مخاطية بداخل الغرفة.

الرئات في البرمائيات:

عبارة عن أكياس بسيطة طويلة فى البرمائيات الذيلية. البطانة الداخلية قد تكون ناعمة. فى البرمائيات عديمة الأطراف تكون الرئة اليسرى ضامرة.

الرئات فى الذيليات المائية تعمل غالبا كأعضاء طفو **hydrostatic organs**. والتنفس فى الأنواع عديمة الخياشيم يتم أساسا خلال البطانة البلعومية المريئية والجلد. فى حالة الذيليات التى تستخدم الرئات كمثانة هوائية أو كأعضاء تنفس، تملأ الرئات بواسطة هواء يدخل الفم، وليس المنخار كما فى الأسماك الرئوية. وعضلات قاع البلعوم الفمى تضخه فى الرئتين.

الرئات فى الزواحف

فى سفينيدون والثعابين تكون الرئات عبارة عن أكياس بسيطة. فى السحالى والتماسيح والسلاحف يوجد العديد من الغرف المتسعة تفصلها حواجز.

تلك الرئات إسفنجية بسبب الجيوب العديدة الممتلئة بالهواء.

فى الزواحف عديمة الأرجل، تكون إحدى الرئتين أقصر كثيرا من الأخرى، وأحينا ضامرة، وقد تكون غائبة كلية، كما فى قليل من الثعابين.

معظم رئات الزواحف -كما فى البرمائيات- تحتل التجويف الصدرى البطنى مع بقية الأحشاء. فى السلاحف تقع الرئات مقابل السطح الداخلى للقصعة خلف الحزام الحوضى على الجانبين. رئات التماسيح وقليل من الحرشفيات **Squamata** تحتل أقساما منفصلة من السيلوم، تسمى التجاويف البلورية المزدوجة.

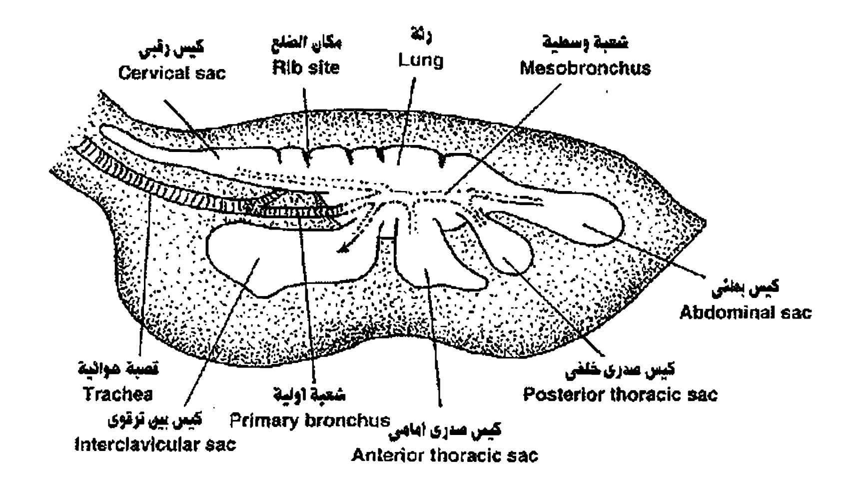
الزواحف باستثناء السلاحف، تستنشق الهواء باستخدام عضلات بين الضلوع **intercostal mm.**، فتدور الضلوع أماماً ونحو الخارج، فيزداد حجم التجويف البلورى والبريتونى. عودة الضلوع لوضعها الأصلى، وانقباض عضلات الجدار البطنى فى بعض الأنواع، يضغط على الرئات والأحشاء الأخرى، فيخرج الهواء فى الزفير.

عملية التنفس فى السلاحف معقدة؛ وذلك لأن ضلوعها لا يمكنها المشاركة لأنها متحدة مع القصعة **carapace**. وحيث إن عضلات الجدار البطنى ضامرة فإنها أيضا لا يمكنها أن تخدم كمضخة، ولذلك فإن حركات الحزام الصدرى القريب تلعب الدور الرئيسى فى ملء الرئات فى تلك الزواحف، بتغيير حجم التجاويف البلورية.

الرئات وقنواتها فى الطيور

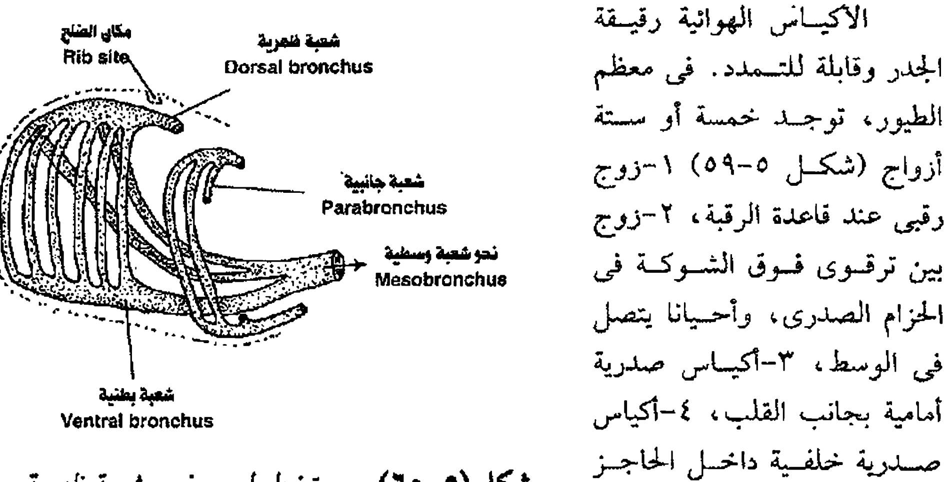
الرئات فى الطيور -مثل التماسيح- تمثل تجاويف بلورية مزدوجة، يفصلها عن بقية السيلوم حاجز مائل وترى **tendinous oblique septum**.

الرئات فى الطيور فريدة فى شكلها. يمر الهواء الداخل خلال الرئات دون توقف وفى أكياس هوائية متسعة. وتلك تمتد بين الأحشاء بداخل تجويف الجسم (شكل ٥-٥٩). وتقع فيما بين عضلات الطيران، ولها امتدادات طويلة داخل معظم العظام بما فيها أجسام الفقرات. الضغط الجوى يمدد الكياس حينما تدور الضلوع أماما وإلى أعلى وينضغط القص **sternum**. الأكياس تدفع الهواء عن طريق شعب عائدة ثانية داخل



شكل (٥-٥٩) *رسم تخطيطى يوضح القناة التنفسية والأكياس الهوائية فى الطائر*

الرئات. بداخل الرئات، تتصل الشعب الثانوية بواسطة شعب جانبية عديدة- مع قنوات تؤدى إلى شعيرات هوائية قطرها أجزاء قليلة من المليمتر وتحتوى على طلائية تنفسية (شكل ٥-٦٠). الشعيرات الهوائية المتصلة بشعبة جانبية واحدة تكون متصلة مع بعضها فى ثلاثة اتجاهات. ويسير الهواء حرا خلال جهاز الشعيرات الدموية، ويعود إلى الشعبة الجانبية من حيث بدأ. الشعيرات الهوائية معلقة فى ضفيرة كثيفة من الشعيرات الدموية. بعد مرور الهواء فوق الطلائية التنفسية التى تبطن الشعيرات الهوائية وعودته ثانية نحو الشعبة الجانبية، فإنه يواصل سيره نحو الخارج. وعلى ذلك فإن الهواء فى الرئات وتلك الممرات الهوائية يتم له استبدال كلى. والنتيجة -بخلاف رباعيات القدم الأخرى- أنه لا يوجد هواء متبقى فى الرئات.



شكل (٥-٦٠) رسم تخطيطي يوضح شعبة ظهرية وشعبة بطنية وعديد من الشعب الجانبية التي توصلها، والتي يخرج منها شعيرات هوائية

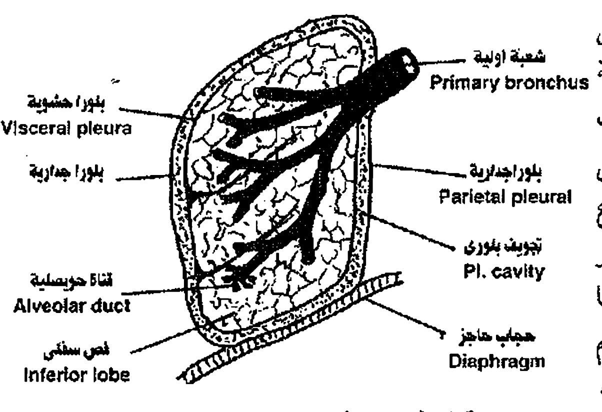
الأكياس الهوائية رقيقة الجدر وقابلة للتمدد. في معظم الطيور، توجد خمسة أو ستة أزواج (شكل ٥-٥٩) ١-زوج رقبي عند قاعدة الرقبة، ٢-زوج بين ترقوي فوق الشوكة في الحزام الصدري، وأحيانا يتصل في الوسط، ٣-أكياس صدرية أمامية بجانب القلب، ٤-أكياس صدرية خلفية داخل الحاجز المائل، ٥-أكياس بطنية بين الأحشاء البطنية، ٦-أكياس إبطية **axillary** بين طبقتي العضلات الصدرية. أثناء الطيران، تعمل الأكياس بواسطة انقباضات وانبساطات منتظمة لعضلات الطيران ودفعات الأجنحة. حينما يكون الطائر في وقت الراحة، فإن الضلوع والحاجز المائل يقومان بالوظيفة. عند هذا الوقت تكون الحاجة إلى الأكسجين قليلة، وسريان الهواء خلال الجهاز يكون أبطأ. الأكياس الهوائية منظمة للحرارة **thermoregulatory**، توزع زيادة الحرارة الناتجة عن العضلات المحيطة أثناء الطيران. تنقل الحرارة من العضلات مباشرة إلى الهواء داخل الأكياس، وليس عن طريق مجرى الدم. وللأكياس الهوائية إمداد فقير نسبيا.

إن امتداد الأكياس الهوائية في العظام يسبب حفظا للطاقة أثناء الطيران، عن طريق إنقاص الكثافة النسبية للطائر، وجعله أكثر طفوية في الهواء. الهواء الدافئ داخل الأكياس يضيف إلى تأثيرها الطفوي. معظم الطيور غير الطيارة **ratites** تفتقد العظام الهوائية.

رئات الثدييات

الرئات في الثدييات عديدة الحجرات، وعادة مقسمة إلى فصوص، الفصوص اليمنى أكثر من اليسرى، رغم أن بعض الرئات عديمة الفصوص مثل الحيتان والفيلة ووحيدة الحافر. في الثدييات الأولية والفئران، تكون الرئة اليمنى فقط هي المفصصة.

تحتل الرئتان تجاويف بللورية منفصلة، وذلك نتيجة تكون الحجاب الحاجز. البيريتون المبطن للسطح الداخلى من الجدار الصدرى يسمى البيريتون الجدارى **parietal peritoneum**، لكل تجويف بللورى غشاء بللورى جدارى **parietal pleura**، ويغطى السطح العلوى للحجاب الحاجز كغشاء بللورى حجابى **diaphragmatic pleura** عند قاعدة كل رئة حيث تدخل وتخرج الشعبة الأولية والأوعية الدموية الرئوية، يكون الغشاء البللورى الجدارى مستمرا مع البللورى الأحشائى **visceral pleura**، فوق سطح الرئة. المسافة بين هذين الغشاءين هى التجويف البللورى.



شكل (٥-٦١) *يوضح الرئة فى الثدييات*

كل شعبة أولية تدخل الرئة وتنقسم إلى شعبة ثانوية وثالثة، التى تعطى شعيبات كثيرة **bronchioles** (شكل ٥-٦١). وتلك الأخيرة تتفرع إلى أنابيب أصغر وأصغر. جدر الشعب والشعيبات الكبيرة بها ألياف عضلية ملساء ونسيج ضام وصفائح غضروفية غير منتظمة، والبطانة عبارة عن طلائية من خلايا عمودية مهدبة شبه عديدة الطبقات **ciliated pseudostratified columnar epithelium**. وتختفى الأهداب كلما صغرت الأفرع والغضروف والألياف العضلية. الشعيبات الطرفية تؤدى إلى قنوات حويصلية رقيقة الجدر **alveolar ducts**، تندغم جدرها مكونة مجاميع من الحويصلات **alveoli** أو الجيوب التنفسية **respiratory pockets**، مقدرة بعدد ٤٠٠ مليون فى الإنسان. وتلك الحويصلات مبطنة بطلائية حرشفية بسيطة **simple squamous** تحتها شبكة غنية بالشعيرات الدموية. إنه فى هذه الحويصلات يتم تبادل الغازات.

يتم تهوية الرئات فى الثدييات، أولا عن طريق الحجاب الحاجز بشكل القبة، الذى يعمل كمضخة ماصة. إنه ملتحم بالبروز السيفى **xiphoid process** للقص بطنيا، وجانبيا بالضلوع الخلفية وغضاريفها، وبعديد من الفقرات القطنية ظهريا. وحينما لا يكون الحجاب الحاجز تحت الضغط، فإن القبة تجحظ أماما فى التجويف الصدرى. انقباض عضلات الحجاب، التى تمسك بالوتر المركزى، تسبب تفلطح الحجاب محدثا فراغا بين البللورا الجدارية على السطح الداخلى لجدار الضلوع وبين البللورا الحشوية على سطح الرئة. وعلى ذلك فإن الضغط الجوى يدفع الهواء المحيط خلال الفتحات الأنفية نحو الرئتين لملء الفراغ.

بالرغم من أن التنفس الحجابى هو طريقة رئيسية لتهوية الرئة، فإن الثدييات تستمر فى استخدام الأسلوب القديم فى التنفس الضلعى **costal breathing**، كقدرة إضافية. المفاصل المحركة بين رءوس الضلوع وأسطح الاتصال على الفقرات الصدرية تسمح للضلوع فى الثدييات، كما يحدث فى الزواحف، أن تدور إلى أعلى وإلى الخارج، رافعة القص، وبذلك تشارك فى خلق التجويف الضرورى للشهيق **inspiration**. الضلوع تتحرك بواسطة فعل مشترك من العضلات بين الضلعية وفوق الضلعية.

الزفير فى الثدييات التى لا تلهث، يكون أساسا نتيجة استرجاع للجدر الصدرية، التى تساعد الضلوع لتعود إلى الوضع الأصلى، ونتيجة ارتخاء عضلات الحجاب الحاجز التى تعيده إلى الوضع القبى **domed** والضغط السعلوى الذى يحدث على الحجاب المرتخى من أحشاء البطن.

الجدار البطنى يشارك أيضا إلى حد ما. تفلطح الحجاب يضغط على الأحشاء البطنية إلى أسفل، فيجحظ جدار البطن نحو الخارج.

الفصل الخامس والعشرون

الجهاز الدورى والجهاز البولى التناسلى

الجهاز الدورى
CIRCULATORY SYSTEM

يتكون الجهاز الدورى فى الفقاريات من شقين أساسيين: الجهاز الدموى الوعائى **blood Vascular System** والجهاز الليمفاوى **lymphatic System**.

أ- الجهاز الدموى الوعائى

يشمل القلب الذى نشأ كوعاء دموى فى الجنين، والأوعية الدموية الأخرى وهى الشرايين **arteries** والأوردة **veins** والشعيرات الدموية **blood capillaries**، بالإضافة إلى السائل الذى يسرى فيها وهو الدم حاملا الأكسجين والمواد الغذائية لأنسجة الجسم، وثانى أكسيد الكربون ومواد الإخراج من الأنسجة إلى خارج الجسم.

القلب Heart

عضو نابض قوى العضلات يدفع الدم إلى أجزاء الجسم المختلفة.

الشرايين: هى الأوعية الدموية التى تغادر القلب، سواء تحمل دما مؤكسجا أو غير مؤكسج. غير أن معظمها يحمل الدم المؤكسج.

الأوردة: هى الأوعية الدموية التى تدخل القلب، سواء تحمل دما مؤكسجا أو غير مؤكسج. غير أن معظمها يحمل الدم غير المؤكسج.

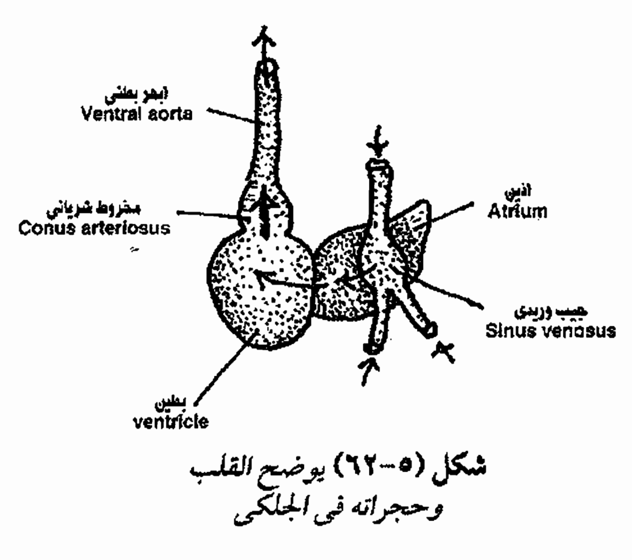
الشعيرات الدموية: عبارة عن التفرعات الدقيقة للشرايين التى توصل الدم إلى الأنسجة وأخرى للأوردة التى تجمع الدم من الأنسجة.

الجهاز البابى: **portal System** هو جهاز من أوردة تنتهى فى منطقة شعيرات بدلا من اتجاهها نحو القلب. وفى معظم الفقاريات يسرى الدم من شعيرات فى الذيل نحو الكلية لينتهى فى شعيرات بها مكونا جهازا بابيا كلويا **renal portal system** قبل استمراره نحو القلب.

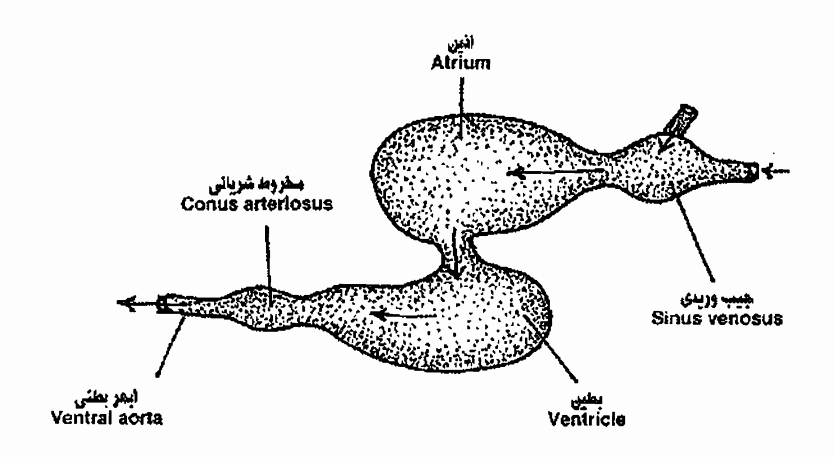
فى جميع الفقاريات يتجه الدم من القناة الهضمية والبنكرياس والطحال نحو الكبد مكونا جهازًا بابياً كبديا **hepatic portal system** قبل استمراره نحو القلب.

يوجد أيضا جهاز بابى فى الغدة النخامية **hypophysis** فى قاع الدماغ (سرير الدماغ)، حيث يتجه الدم المحتوى على الهرمونات المنظمة للغدة من سرير الدماغ عن طريق جهاز بابى نخامى **hypophyseal portal system** نحو الغدة قبل استمراره نحو القلب.

فى الجلكى يكون القلب فى الطور اليافع أنبوبيا، يتكون من غرفتين أساسيتين، أذين وبطين، بالإضافة إلى غرفتين مساعدتين، جيب وريدى يتصل بالأذين وبصيلة شريانية أو مخروط شريانى يتصل بالبطين (شكل ٥-٦٢) ويوجد القلب فى التجويف القلبى **pericardial cavity** أسفل البلعوم فى الأسماك أو فى المنطقة الصدرية فى رباعيات القدم، ويحيطه غشاء التامور **pericardium**. فى الأسماك يوجد قلب أنبوبى أيضا أذين وجيب وريدى وأسفلهما بطين ومخروط شريانى (شكل ٥-٦٣).



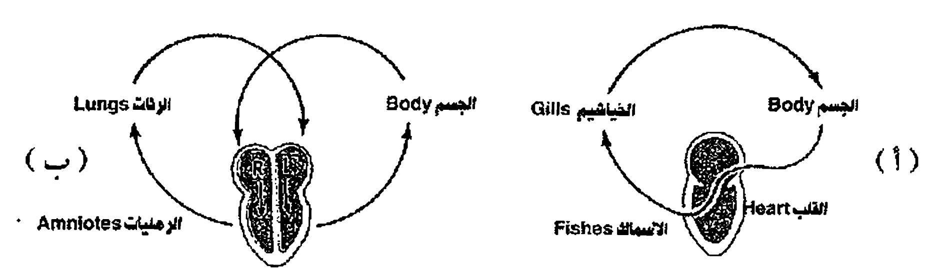
شكل (٥-٦٢) يوضح القلب وحجراته فى الجلكى



شكل (٥-٦٣) يوضح منظرا جانبيا للقلب فى كلب السمك واتجاه واحد لسريان الدم

القلب ذو الدورة الواحدة أو الثنائية Single and double blood circulation

فى الأسماك يَدْفَع القلب الدم أماما نحو الخياشيم، حيث يتم تبادل الغازات كمنطقة تنفسية. من منطقة الخياشيم لا يعود الدم إلى القلب ثانية، ولكنه يوزع على جميع أجزاء الجسم. بعد ذلك يعود الدم إلى القلب الذى يدفعه ثانية إلى الخياشيم. وهكذا تتكون دورة دموية منفردة (شكل ٥-٦٤أ) الدم يسير فى اتجاه واحد من الخلف (الأذين) إلى الأمام (البطين) ثم الأبهر البطنى.



شكل (٥-٦٤) *يوضح الدورة الدموية الأحادية (فى الأسماك) والدورة الثنائية فى الرهليات*

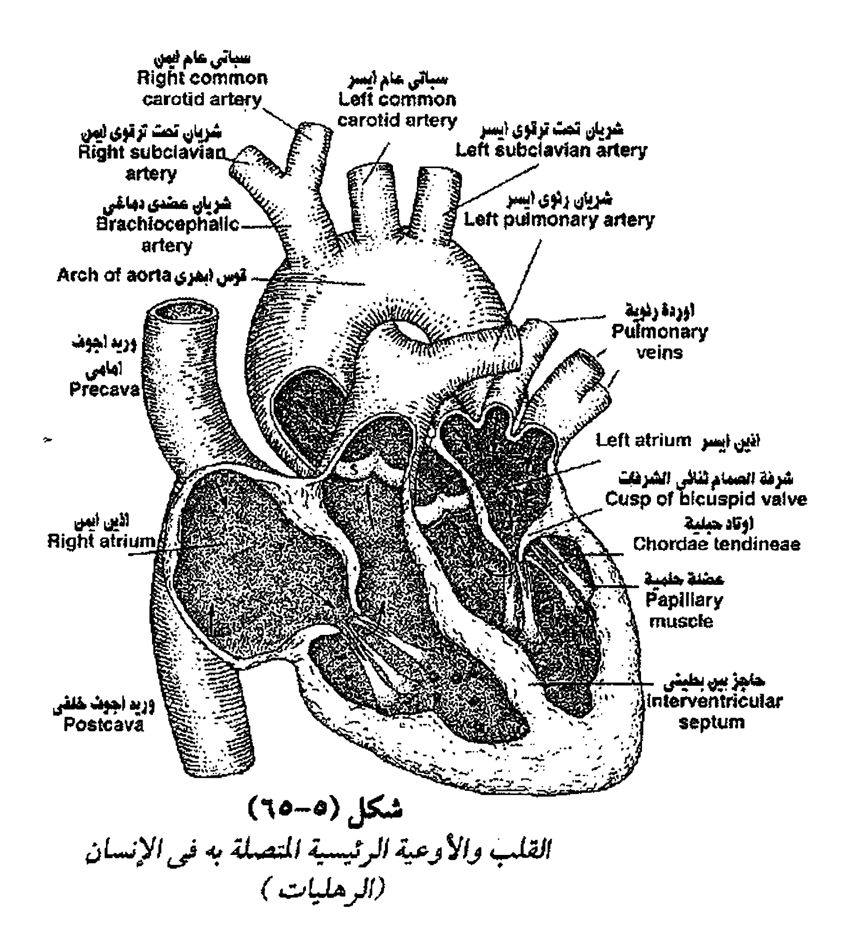
فى رباعيات القدم، حيث يتم التنفس بواسطة الرئتين بدلا من الخياشيم، فإن الدم الذى يدفعه القلب نحو الرئتين حيث يتم تزويده بالأكسجين، يعود ثانية نحو القلب، والقلب هو الذى يقوم بضخه إلى أجزاء الجسم المختلفة. وبذلك تتواجد دورة دموية جديدة قلبية رئوية. وعليه، فإن القلب هنا يكون ثنائى الدورة الدموية (شكل ٥-٦٤ب)، حيث توجد دورة دموية رئوية صغرى **pulmonary circuit**، وأخرى دموية جهازية كبرى **systemic circuit** وغرف القلب الرئيسية تنقسم، حيث يوجد أذينان وبطينان فى الرهليات (شكل ٥-٦٥)، أما فى البرمائيات فالبطين واحد ويقسمه عوارض تفصل بين نوعى الدم.

الجهاز الوريدى Venous system

ينبنى تركيب الجهاز الوريدى على نموذج أساس. ويظل كما هو فى الجلكى، ويتحور قليلا فى كلب السمك. ثم تتم تحورات أخرى له فى رباعيات القدم.

يصب فى القلب زوج من الأوردة الرئيسية العامة **common cardinal veins** أيمن وأيسر، ينشآن من زوج من الأوردة الرئيسية الأمامية **anterior cardinal veins** يجمع الدم من المنطقة الأمامية وزوج من الأوردة الرئيسية الخلفية **posterior cardinal veins**، يجمع الدم من المنطقة الخلفية (شكل ٥-٦٦أ).

الوريدان الرئيسيان الخلفيان ينشآن من الوريد الذيلى **caudal vein** ويبقى هذا الوضع فى الجلكى، مع اختفاء الوريد الرئيسى العام الأيسر، ليصب الوريد الرئيسى



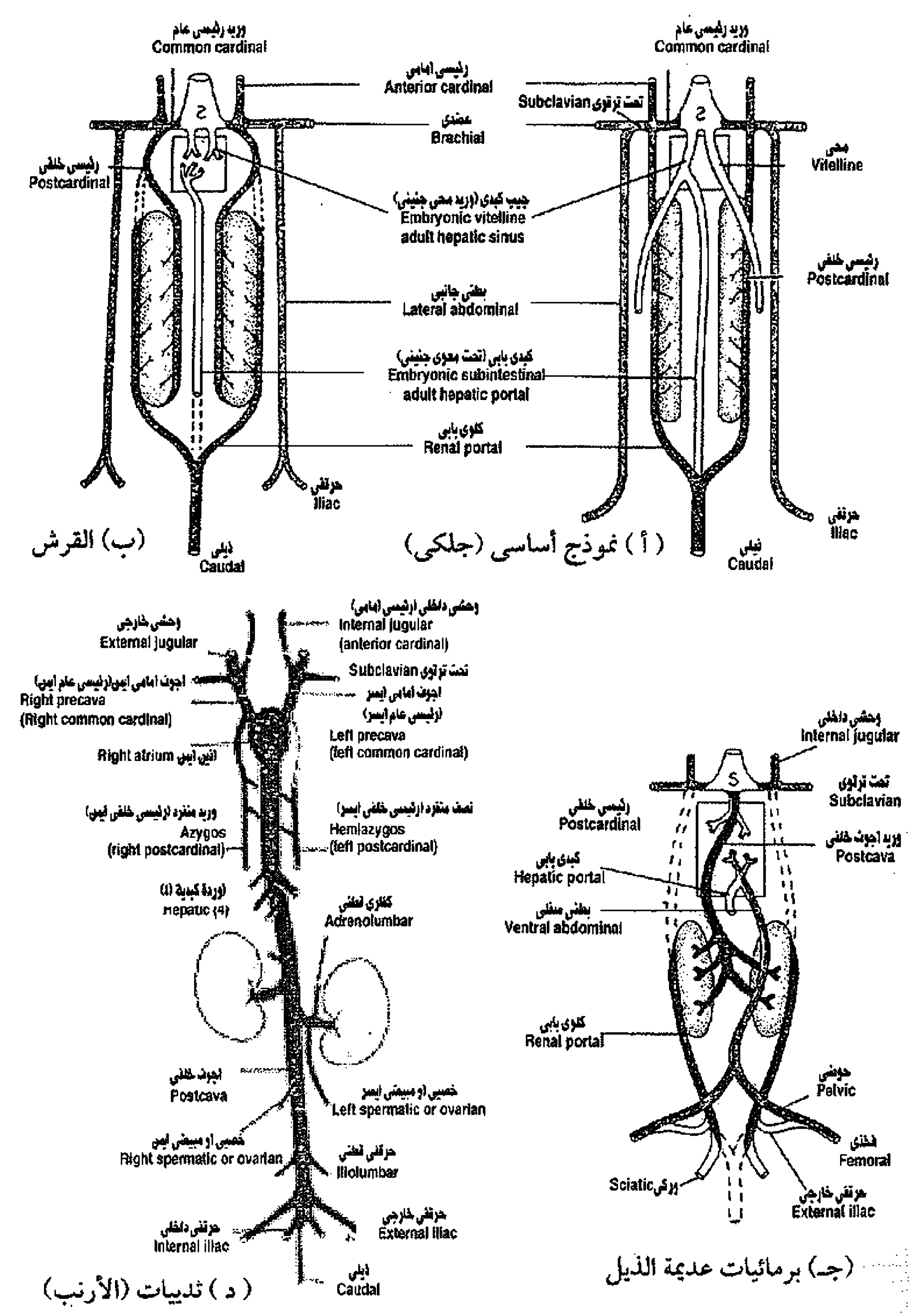
شكل (٥-٦٥)

القلب والأوعية الرئيسية المتصلة به فى الإنسان (الرهليات)

الأمامى الأيسر والخلفى الأيسر فى الوريد العام الأيمن. كما يستمر الوريدان الرئيسيان الخلفيان فى السير أماما مارين بجوار الكلى، حيث يجمعان الأوردة الكلوية، أى لا توجد دورة كلوية بابية **renal portal**.

أما فى كلب السمك، فإن الوريد الذيلى يتفرع إلى وريدين ينتهيان داخل الكلى فى تفرعات شعيرية. ثم يُجْمع الدم ثانية فى وريدين رئيسيين خلفيين (شكل ٥-٦٦ب)، أى أنه توجد دورة كلوية بابية **renal portal system**. وعلى ذلك يعرف الوريدان اللذان يتفرعان من الوريد الذيلى بالأوردة الكلوية البابية **renal portal veins**.

فى رباعيات القدم، يُجْمع الدم من المنطقة الأمامية فى وريد أجوف أمامى أيمن وأيسر **right & left anterior venae cavae**، يمثلان بقايا الوريد الرئيسى العام الأيمن والأيسر. الوريدان الرئيسيان الأيمن والأيسر الأماميان يسميان الوحشى الداخلى **internal jugular** (شكل ٥-٦٦ج) ويجمع الدم من المنطقة الخلفية بواسطة وريد



شكل (٥-٦٦) الجهاز الوريدى فى الفقاريات المختلفة

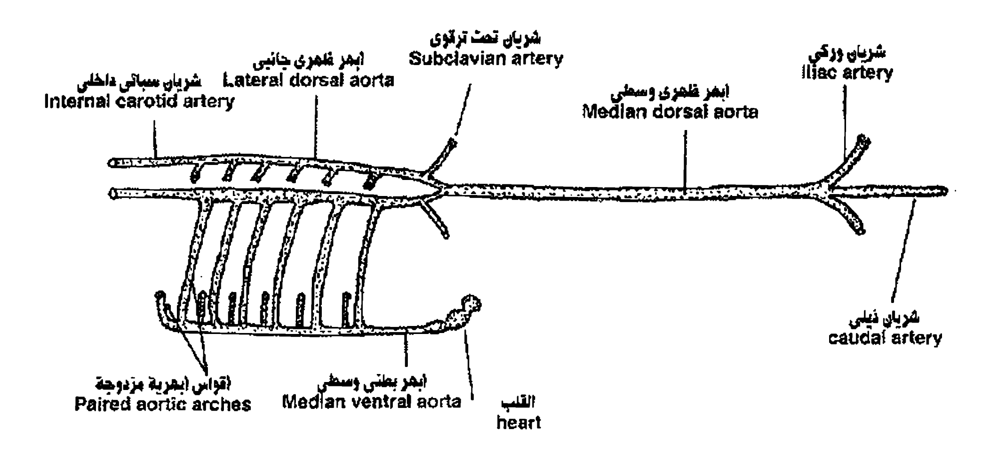
أجوف خلفي **posterior vena cava**، يمثل بقايا الوريدين الخلفيين الرئيسيين، ويمتد بين الكليتين حيث يتسلم منهما الدم عن طريق أوردة كلوية. بعض الثدييات -مثل القطط والإنسان- لا يوجد بها وريد أجوف أمامي أيسر، ويُجَمع الدم كله من المنطقة الأمامية بواسطة وريد أجوف أمامي واحد فقط (وهو الأيمن).

الجهاز الكلوى البابي يبقى في البرمائيات (شكل ٥-٦٦ج)، ثم ينحصر في الزواحف، ويختفي في الطيور تقريبا وكلية في الثدييات، في هذه الحالة، أي في الثدييات، يمر الدم من منطقة الذيل في الوريد الأجوف الخلفي الذى يمتد بين الكليتين، حاملا الدم منهما في أوردة كلوية، متجها نحو القلب (شكل ٥-٦٦د)؛ ولذلك لا توجد دورة كلوية بابية.

في جميع الفقاريات توجد دورة بابية كبدية **hepatic portal system**، حيث يدخل الدم إلى الكبد في وريد كبدى بابي **hepatic portal vein** (وريد تحت معوى **subintestinal** في الجنين). ثم يُجْمع الدم من الكبد بأوردة كبدية **hepatic veins** تتجه نحو القلب.

الجهاز الشرياني Arterial system

يتركب الجهاز الشرياني في نموذجه الأساسي (شكل٥-٦٧) من القنوات الشريانية الرئيسية الآتية:



شكل (٥-٦٧) *النموذج الأساسي للقنوات الشريانية الرئيسية في الفقاريات*

١- أبهر بطنى يخرج من القلب متجها أماما أسفل البلعوم.

٢- أبهر ظهرى مزدوج فوق البلعوم، ويتجه خلفا فوق القناة الهضمية.

٣- ستة أزواج من الأقواس الأبهرية تصل الأبهر البطنى بالأبهر الظهرى. تخرج تفرعات من تلك القنوات الرئيسية تغذى كل أجزاء الجسم.

تحدث تحورات واضحة فى الأقواس الأبهرية، لتؤهل إلى التنفس بالخياشيم أو الرئات.

الأقواس الأبهرية فى الأسماك

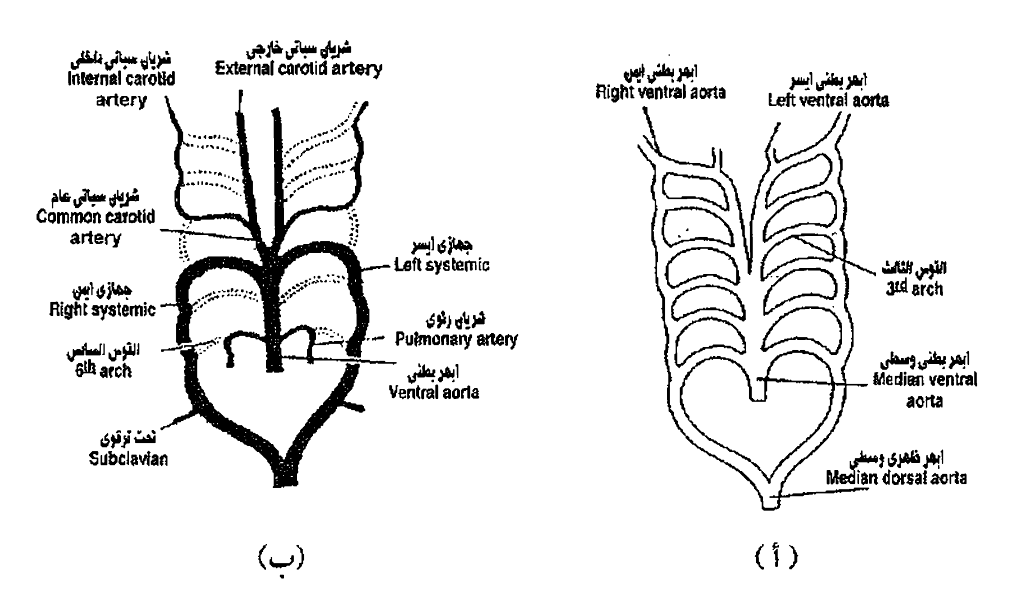
تتم تحورات هامة فى الأقواس الأبهرية الجنينية لتلائم التنفس بواسطة الخياشيم. فى كلب السمك، يمتد الأبهر البطنى أماما أسفل البلعوم، ويتصل بالأقواس الخيشومية المتكونة بالخياشيم عن طريق تفرعات وشعيرات. يختفى الجزء البطنى من القوس الأول، وتفقد الأقواس اتصالها، متحولة إلى أجزاء بطنية توزع الدم إلى الخياشيم بواسطة شعيرات تنشأ بينها وبين الخياشيم، وأجزاء ظهرية تجمع الدم من الخياشيم بواسطة شعيرات أخرى تصب فيها. يتم تبادل الغازات فى الخياشيم. وعلى ذلك فإن الأجزاء البطنية تحمل دما قليل الأكسجين وتعرف بالشرايين الواردة **afferent arteries** أو الأوعية البلعومية الواردة **afferent branchial vessels**، لأنها ترد إلى منطقة الخياشيم. ويختفى منها أجزاء القوس الأول لتصبح عددها خمسة أزواج. وتحمل الأجزاء الظهرية دما كثير الأكسجين وتعرف بالشرايين الصادرة لأنها تصدر من منطقة الخياشيم **efferent arteries**. وتلك تصب الدم -من منطقة التنفس- فى الأبهر الظهرى الجانبى **lateral dorsal aorta**. يتحد الأبهران الظهريان فى منطقة الجذع فى أبهر ظهرى وسطى **median dorsal aorta**، يوزع الدم على جميع أجزاء الجسم. وتخرج شرايين أماما لتغذى منطقة الرأس.

فى الأسماك العظمية تتم نفس التحورات، فى الطور اليافع، للأقواس الجنينية مع بعض الاختلافات. فتتحول الأقواس الأبهرية إلى شرايين واردة وأخرى صادرة يتوقف عددها حسب عدد الخياشيم المعنية. فى معظم الأسماك العظمية، يختفى القوسان الأول والثانى. فى الأسماك الرئوية، ينشق شريان رئوى من القوس الأبهرى السادس ويتجه نحو المثانة الهوائية، ويزودها بالشعيرات الدموية.

الأقواس الأبهرية في رباعيات القدم

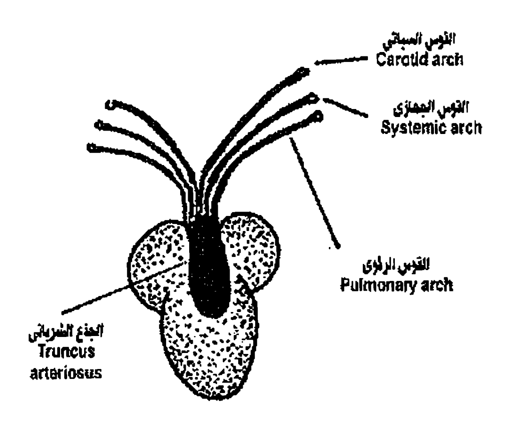
تتكون الأقواس الخيشومية أيضا في أجنة رباعيات القدم **tetrapod aortic arches** (شكل ٥-٦٨)، أي نفس النموذج الأساسي في جميع الفقاريات ثم تتم تحورات عديدة تلائم أيضا التنفس في رباعيات القدم، وتحول الدورة الدموية المنفردة في الأسماك إلى دورة دموية مزدوجة في رباعيات القدم، دورة بين القلب والرئتين وأخرى بين القلب وأجزاء الجسم المختلفة.

في التحورات التي تتم في الأقواس الأبهرية الجنينية، يختفي الزوج الأول والزوج الثاني والزوج الخامس. الزوج الثالث على كل جانب يكون مع امتداد الأبهر الظهري أمامه الشريان السباتي الداخلي **internal carotic artery**، وامتداد الأبهر البطني أمام الثالث يكون الشريان السباتي الخارجي **external carotid artery**. الأبهر البطني خلف القوس الثالث يكون الشرياني السباتي العام **common carotid artery**. القوس الرابع مع امتداد الأبهر الظهري الجانبي خلفه يكونان القوس الجهازي **systemic arch**، وتختفي وصلة الأبهر الظهري الجانبي بين القوسين الثالث والرابع. القوس السادس يفقد اتصاله بالأبهر الظهري الجانبي مكونا الشريان الرئوي **pulmonary artery** حاملا الدم إلى الرئة لتنقيته. ويعود الدم إلى القلب بواسطة أوردة رئوية تتكون حديثا.



شكل (٥-٦٨) *النموذج الأساسي للجهاز الشرياني (أ) في جنين رباعيات القدم والتحورات التي تحدث نحو الطور اليافع (ب)*

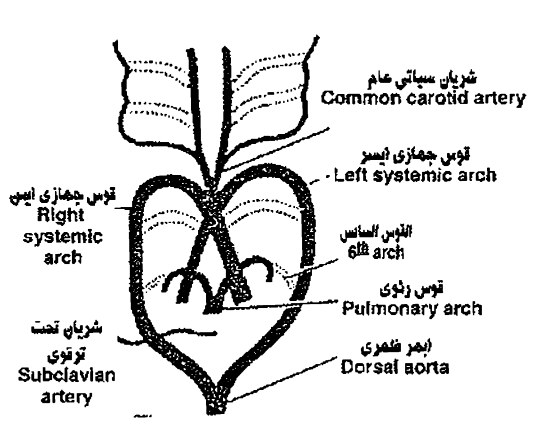
الأبهـــــر البطـنى الوسـطى الخـارج median ventral aorta من القلب ومعه البصيلة الشريـانية bulbus arteriosus (أو المخـروط الشـــريانى conus arteriosus) يتحول إلى جـذع شريانى truncus arteriosus (شكل ٥-٦٩)، ينقسم إلى ثلاثة أزواج: زوج يكون السباتى العام، وزوج يكون القوس الجهازى، والثالث يكون الشريان الرئوى. يبقى الأبهر الظهـرى الوسطى مكونا اتحاد الجـهازين الأيمن والأيسـر. فى الجـذع الشريانى تجـاه القلب، يوجـد صمـام حلزونى spiral valve يفصل بين الدم كثير الأكسجين والدم قليله.



شكل (٥-٦٩) يوضح القلب فى البرمائيات، حيث يخرج الجـذع الشـريانى مـن البطين- وينقسم إلى ثلاثة أزواج من الأقـواس: السباتى والجهازى والرئوى

الزواحف (شكل ٥-٧٠)

ينشق الجذع الشريانى إلى ثلاثة ممرات، جذعـان أبهريان وجـذع رئوى. يخرج الجذع الرئـوى من البطين الأيمن ويؤدى إلى القوس الأبهـرى السادس الأيمـن والأيسر حاملا الدم لتنقيـته فى الرئتين. أحد الجذعين الأبهريين يخرج من البطين الأيسـر حـاملا دما مـؤكـسـجـا إلى القـــوس الرابع الأيمن (الجـــهـازى الأيمن) والأقواس السـباتيـة. الجذع الشـريانى الآخـر يخـرج من البطين الأيمن ويؤدى إلى القـوس الأبهـرى الرابع الأيسـر (الجـهازى الأيسـر). وهذا القوس يحـمل دما مؤكسـجا. أى أن القوس الجهازى الأيمن يخرج من البطين الأيسر والقـوس الجهازى الأيسـر يخـرج من البـطين الأيمن،

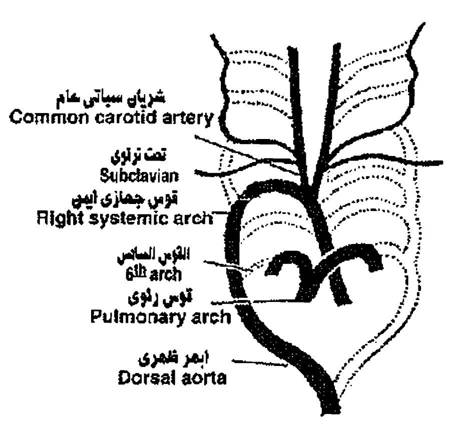


شكل (٥-٧٠) يوضح خروج الأقواس الشريانية من غرف القلب فى الزواحف (السلاحف، السحالى، الثعابين)

وكلاهما يحمل دما مؤكسجا، والسبب فى ذلك يرجع إلى خروج هذين القوسين من البطين بالقرب من المنطقة التى يكون بها الحاجز بين البطينين غير كامل كما فى السلاحف والسحالى والثعابين، وهذه المنطقة تمثل جيبا يأتى بالدم من البطين الأيسر. فى حالة التماسيح، يكون الحاجز بين البطينين كاملا ولكنه مثقوب.

الطيور (شكل ٥-٧١)

الحاجز بين البطينين كامل وبلا ثقوب، وعلى ذلك يكون هناك انفصال تام بين البطينين: الجانب الأيمن من القلب يحتوى على دم غير مؤكسج والأيسر على دم مؤكسج. يختفى القوس الأبهرى الرابع الأيسر (الجهازى الأيسر). ويخرج من البطينين قوسان فقط، قوس رئوى من البطين الأيمن حاملا دما غير مؤكسج إلى الرئتين لتنقيته،

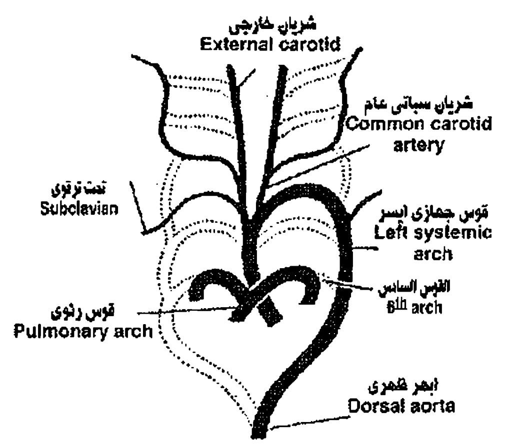


(٥-٧١) القلب والأقواس الشريانية التى تخرج منه فى الطيور

والبطين الأيسر يخرج منه القوس الأبهرى (القوس الأورطى) **aortic arch** حاملا دما مؤكسجا إلى أجزاء الجسم المختلفة. عند خروجه من القلب، يتجه القوس الجهازى نحو الجانب الأيمن. تخرج منه الشرايين السباتية **carotid arteries** وتحت الترقوى **subclavian**، ثم يعرج خلفا متخذا مسارا وسطيا ويسمى الأبهر الظهرى، يغذى أجهزة الجسم المختلفة بالدم المؤكسج.

الثدييات (شكل ٥-٧٢)

القلب والأقواس الشريانية المتصلة به يُعتبر صورة بالمرآة **mirror image** من الوضع فى الطيور. أى أن القوس الجهازى الأيمن هو الذى اختفى ويبقى القوس الجهازى الأيسر، يتجه نحو الجهة اليسرى، ثم يعرج خلفا فى الوسط معطيا الأبهر الظهرى.



(٥-٧٢) القلب والأقواس الشريانية التى تخرج منه فى الثدييات

ب- الجهاز الليمفاوى Lymphatic system

يوجد الليمف **lymph** وقنواته **lymphatic ducts** فى جميع الفقاريات.

يتكون الجهاز الليمفاوى من الآتى:

١- الليمف وهو سائل يشبه الدم، ولكنه لا يحتوى على كرات دم حمراء، عديم اللون أو أصفر فاتح.

٢- القنوات الليمفاوية: **lymphatic channels**

٣- قلوب ليمفاوية **lymphatic hearts**: فى الأسماك والبرمائيات والزواحف.

٤- مجاميع ليمفاوية فى بطانة القناة الهضمية.

٥- العقد الليمفاوية **lymphatic nodes** فى الطيور والثدييات.

سائل الليمف -بعكس الدم- يتحرك فى اتجاه واحد فقط نحو القلب. توجد مساحات ليمفاوية: **lymphatic spaces** أو أوعية ليمفاوية متميزة **lymphatics**، تختزن فى معظم الأنسجة الطرية بالجسم، بخلاف الهيكل والكبد والجهاز العصبى. وتلك تبدأ كشعيرات ليمفاوية أعورية (أى مغلقة الأطراف)، ويسرى الليمف من وعاء ليمفاوى إلى آخر، وأخيرا يصب فى وريد. وتوجد صمامات **valves** عند تلك المخارج، تمنع تدفق الدم الوريدى فى القنوات الليمفاوية. كما توجد صمامات على قنوات الليمف كمعادلة لتأثير الجاذبية الأرضية وبالذات فى الأطراف.

وتوجد فى الطيور والثدييات فقط، شبكة من أوعية ليمفاوية طويلة وضيقة. والمسافات الليمفاوية فى خملات الأمعاء **villi** فى الفقاريات الراقية، تجمع الدهن الممتص من الأمعاء الدقيقة بعد وجبة ما.

فى الفقاريات الدنيا، نجد أن القنوات الليمفاوية، التى تجمع الليمف من جدار الجسم والأطراف والذيل، تفرغ فى أوردة قريبة منها عند قاعدة الذيل وفى الجذع أو فى الرقبة. وتلك مزدوجة فى الفقاريات الدنيا. ولكن فى الثدييات، توجد قناة ليمفاوية منفردة تسمى القناة الصدرية **thoracic duct**، تبدأ من جيب ليمفاوى بطنى كبير، وتصب فى الوريد البلعومى الرأسى أو تحت الترقوى الأيسر أو فى الوريد الوحشى الخارجى أو الداخلى **external or internal jugular vein**. القناة الصدرية فى الثدييات تستقبل أيضا قنوات ليمفاوية من الجهة اليسرى للرأس والرقبة ومن الطرف الأمامى الأيسر. وتوجد قنوات ليمفاوية رئيسية إضافية، تستقبل الليمف من الجانب الأيمن للجسم أماما.

وسريان الليمف ينتج من عدد من العوامل تشمل القلوب الليمفاوية فى مواقع معينة على امتداد ممرات الليمف فى الأسماك، والبرمائيات، والزواحف. تلك عبارة عن انتفاخات جيبية نابضة ذات جدر رقيقة بها ألياف عضلية مخططة. الضفادع بها زوجان من القلوب الليمفاوية. وفى البرمائيات الذيلية، يوجد ١٦ زوجا. ويصل العدد فى البرمائيات عديمة الأرجل إلى ١٠٠ زوج.

وتوجد صمامات هلالية عند مخارج القلوب الليمفاوية تمنع عودة الليمف، ولا توجد قلوب ليمفاوية فى الطيور اليافعة ولا فى الثدييات. فى هذه الفقاريات يتم سريان الليمف بواسطة أنشطة العضلات الهيكلية عند انقباضها وارتخائها، وبواسطة حركة الأحشاء، بواسطة التغيرات المنتظمة فى الضغط داخل الصدرى الذى ينتج عن التنفس.

أما العقد الليمفاوية فهى كتل من نسيج مكون للدم على امتداد قنوات الليمف فى الطيور والثدييات. وتتكون من نسيج ضام مع حزم من نسيج ميزنكيمى. وتلك العقد قد تكون صغيرة مثل رأس الدبوس وقد تكون كبيرة بحجم عدة سنتيمترات، وهى العقد المتنفخة التى فى الرقبة وتحت الإبط، حينما توجد التهابات.

ويدخل الليمف فى العقد عن طريق قنوات عديدة واردة ويرشح فى العقدة، ثم يتركها عن طريق قناة صادرة واحدة، توجد فى بطانة ممراتها الجنينية خلايا بلوعة تلتهم البكتريا والحبيبات الغريبة الأخرى. ويوجد فى شبكتها أعداد كبيرة من خلايا ليمفاوية صغيرة. وعلى ذلك فإن العقد الليمفاوية تعتبر خط الدفاع الثانى ضد الإصابات البكتيرية خلال الجلد. والخط الأول هو الخلايا الجنينية التى تهاجر من الشعيرات الدموية فى الجلد.

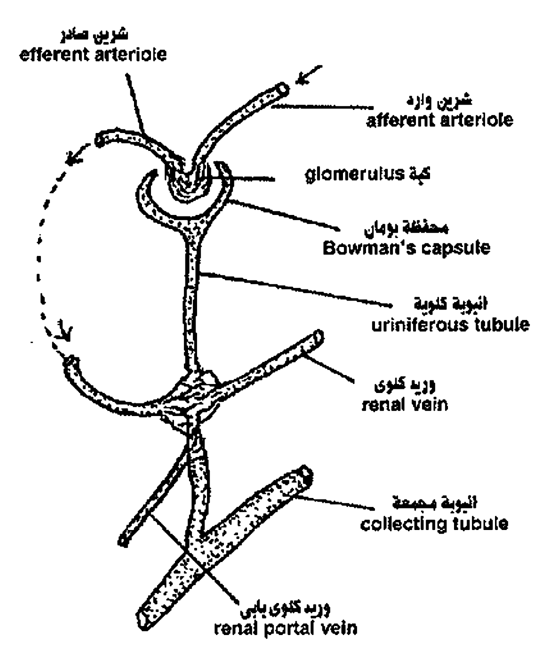
ويوجد أيضا من الأنسجة والأعضاء الليمفاوية الطحال **spleen**، الذى يمثل كتلة ليمفاوية. وهو غير موجود فى مستديرات الفم. وكذلك الغدة التيموسية **thymus**، واللوزتين **tonsils** بين الثدييات.

الجهاز البولى التناسلى
UROGENITAL SYSTEM

رغم أن وظيفة الكليات مختلفة عن وظيفة المناسل، إلا أن الجهازين البولى والتناسلى للفكيات، على علاقة وثيقة ببعضهما سواء فى النمو أو فى التركيب. وعلى ذلك فإن الجهازين تتم دراستهما سويا.

الكليات وقنواتها Kidneys & kidney ducts

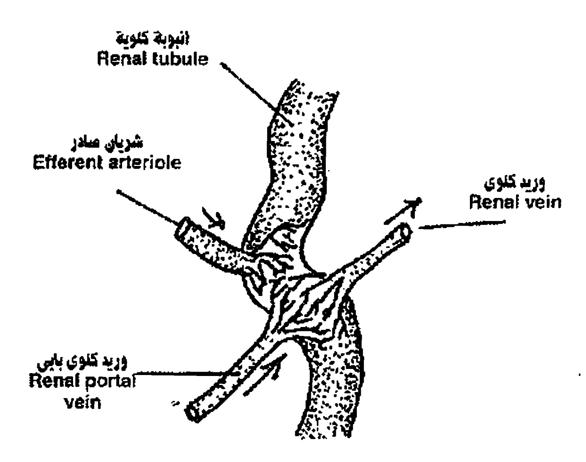
الكليات فى الفقاريات مبنية على نموذج تركيب أساسى، تسمى وحداتها بالوحدات الكلوية- أو النفرونات **nephrons**. وكل نفرون مكون من كرية ملبيجى **Malpighian corpuscle** وأنبوبة كلوية **renal tubule**. كرية ملبيجى تضم كبة **glomerulus** تحيطها محفظة كلوية **renal capsule**، تفتح فى الأنبوبة الكلوية (شكل ٥-٧٣). تفتح الأنبيبات الكلوية فى أنبيبات مجمعة **collecting tubules** التى تصب بدورها فى قناة الكلية أو الحالب **ureter**.



(٥-٧٣) *النموذج الأساسى للوحدة الكلوية*

الاختلاف بين الفقاريات يكون أساسا فى عدد وترتيب الكبات، وفى الطول النسبى للأنبيبات.

الكبات هى مجموعة من شعيرات شريانية، حيث يزاح الماء والأيونات ومواد أخرى من تيار الدم. الكبات الأولية معلقة فى السيلوم ولذلك تسمى كبات خارجية بعكس الكبات الداخلية التى تحاط بواسطة جزء من أنبوبة كلوية لتتكون كرية كلوية. الكبات الخارجية فى الفقاريات اليوم مقصورة على الأجنة واليرقات. الكبة يغذيها شريان



(٥-٧٤) يوضح تفرعات الشبكة المجمعة من الشريان الصادر والأوردة الكلوية، والكلوية البابية حول الأنبوبة

كبى وارد **afferent glomerular arteriole**، ويغادرها شريان كبى صادر **efferent glomerular arteriole** يؤدى إلى شبكة حول أنبوبية. الشعيرات حول الأنبوبية تصفيها أوردة وتؤدى إلى أوردة كلوية (شكل ٥-٧٤). مستديرات الفم فقط ليس بها شعيرات حول أنبوبية. ولكن -تعويضا لذلك- فإن للقنوات الكلوية شبكة غير عادية غنية بالشعيرات تؤدى وظيفتها.

أنيبيبات الكلية هى ممرات دقيقة تجمع الرشح الكبى أو السائل السيلومى فى حالة الكبة الخارجية، وتوصله إلى أنبوبة طولية. وتلك الأنيبيبات تزداد فى التعقيد بين طوائف الفقاريات، حيث تكون قصيرة ومستقيمة فى مستديرات الفم، وأطول ما تكون وأكثر التفافا فى الثدييات.

الكبات تعمل كمرشح بسيط، فإنها -تحت قوة الضغط الدموى- تسمح للماء ومجموعة من الجزيئات الصغيرة أن تطرد خلال جدرها فى تجويف الأنيبوبة. يعاد امتصاص الماء الزائد والجلوكوز وبعض الأملاح عن طريق الشعيرات حول الأنبوبية. القنوات الطولية المزدوجة تمتد خلفا إلى أن تفتح كل واحدة فى المجمع.

أنواع الكليات

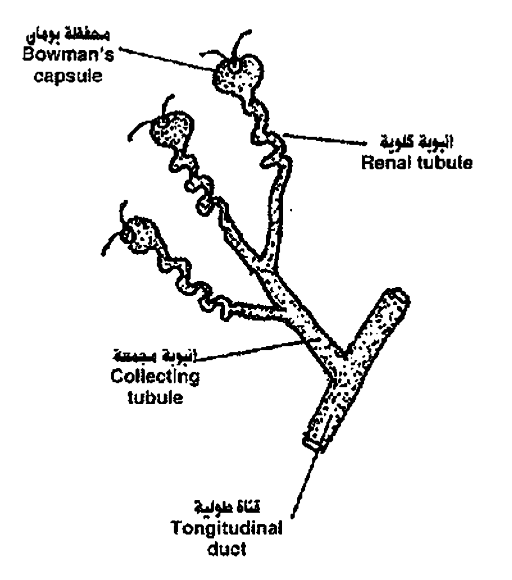
يوجد ثلاثة أنواع من الكليات: الكلية الأمامية أو الأولية، والكلية الوسطية، والكلية البعدية.

الكلية الأمامية Pronephros

تظهر فى أجنة الفقاريات من الميزودرم الوسطى للقطع الميزودرية الأمامية. تظهر أنبوبة كلوية من كل قطعة والعدد الذى تنشأ منه الكلية الأمامية قليل. وتركيب الكلية بسيط. تصب الأنيبيبات فى قناة طولية تسمى قناة الكلية الأمامية **pronephric duct** تمتد خلفا لتفتح فى المجمع.

الكلية الوسطية Mesonephros

تنشأ من القطع الميزودرمية خلف منطقة الكلية الأمامية. تتفرع الأنيبيات وتتكون الكبات. تفتح الأنيبيات في قناة الكلية الأولية، والتي تعرف الآن بقناة الكلية الوسطية **mesonephric duct** (شكل ٥-٧٥). تتكون تلك الكلية في أجنة الفقاريات، وتبقى ممثلة كلية الحيوان اليافع في الأسماك والبرمائيات ممتدة في منطقة كبيرة من القطع الميزودرمية. ولذلك تعرف بالكلية الخلفية **opisthonephros**.



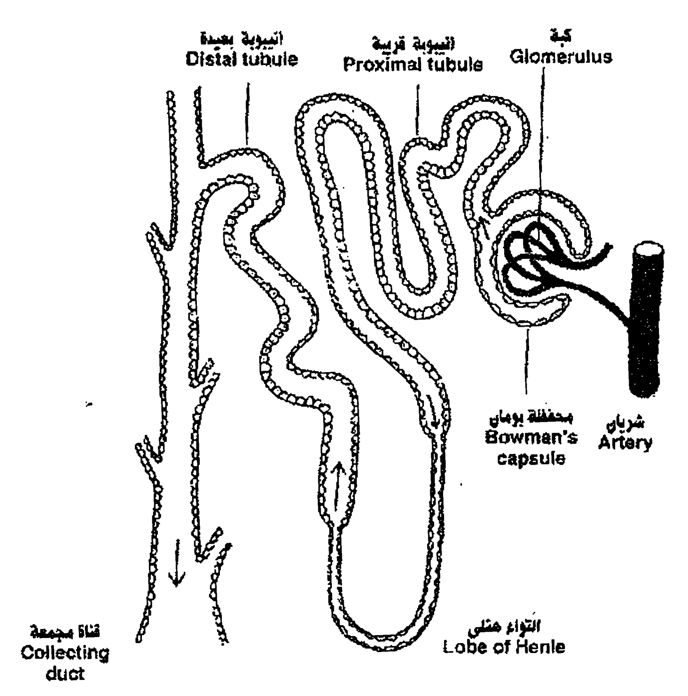
(٥-٧٥) تفرعات النيفرونات في كلية وسطية

الكلية البعدية Metanephros

هي الكلية الثالثة التي تنشأ في أجنة الرهليات بعد الكلية الوسطية، وفي منطقة خلفها من القطع الميزودرمية. وبمجرد تكونها، تبدأ الكلية الوسطية في الاختفاء. تصل الأنيبيات في الكلية البعدية إلى عدد ضخم، حوالي ٤,٥ مليون في الإنسان.

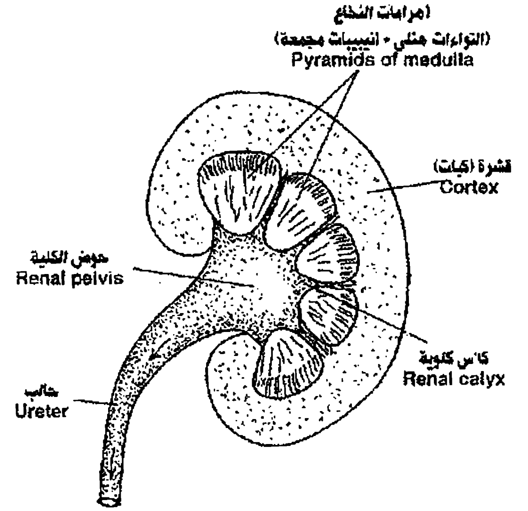
يبدأ ظهور الكلية البعدية كبرعم صغير من الطرف الخلفي لقناة الكلية الوسطية. ينمو هذا البرعم أماما محاطا بنسيج الميزودرم الكلوى. وفي النهاية يعطى قناة الكلية البعدية **metanephric duct** أو الحالب **ureter**. يتسع طرف القناة المتصل بجسم الكلية مكونا حوض الكلية **pelvis of kidney**. يخرج من الحوض نحو نسيج الكلية العديد من الامتدادات شبيهة الأصابع التي تصبح الأنيبيات المجمعة **collecting tubules**. ينشأ من النسيج الكلوى أنيبيات كلوية تفتح في الأنيبيات المجمعة، والطرف الآخر ينمو ويحيط بكبة مكونا كرة ملبيجي.

الأنيبيات في كلية الثدييات لها التواء طويل على شكل حرف «U» يسمى التواء هنلي **Henle's loop**. ويقع هذا الالتواء بين جزءين ملتويين؛ جزء قريب والآخر بعيد (شكل ٥-٧٦).



(٥-٧٦) *يمثل وحدة نفرون والأنبوبة الكلوية المتصلة بها وأجزاؤها فى الثدييات*

يتكون جسم الكليـة البعدية من جـزءين أساسـيين، القشـرة **cortex** والنخـاع **medulla** (شكل ٥-٧٧). القشرة تحـتوى على الكريات الكلوية، والنخاع يتكون من مـئات الألوف من التواءات هنلى والأنـيبيـبات المجمـعة العامة. الالتواءات والأنيبيات المجمعة تتجمع فى عدد مـن الأشكال الهرمية **pyramids**، تعطى النـخـاع مظهـرا مخططا فى القطاع الجـبهى. كل هرم ينسحب فى قمة مدببة مستديرة تسمى حلمـة كلوية **renal papilla**، تمتـد



(٥-٧٧) *قطاع جبهى* **frontal section** *فى كلية الثدييات يوضح التركيب الداخلى العام* (*كلية بعدية* **metanephric kidney**)

داخل جزء متسع من الحوض بشكل القمع يسمى كأس الحوض **calyx**. كل أنيبوبة جامعة تصفى عددا قليلا من الأنيبيبات البعدية (٧ إلى ١٠ في الإنسان)، وتفرغ في حوض الكلية عند قمة الحلمة.

كليات الزواحف والطيور وبعض الثدييات مفصصة **lobulated**. كليات الثعابين والسحالى عديمة الأرجل والبرمائيات عديمة الأرجل طويلة ملائمة للجسم الطويل الأسطوانى.

في معظم الثدييات، تكون الكليات ملساء وتشبه حبة البقول. الشرايين والأوردة والأعصاب والحالب كلها تدخل وتخرج عند نقرة وسطية تسمى السرة **hilum**.

في حالة السفينيدون الذكر والسحالى تنتهى الحوالب في القنوات الوسطية التى ظهرت منها. في الزواحف الأخرى والطيور والثدييات الأولية، تفتح الحوالب في النهاية في المجمع. أما في الثدييات المشيمية، فإنها تفتح في المثانة البولية، حيث يتم تميز وتخصص في مناطق المجمع خلال النمو إلى الطور اليافع.

الإخراج خارج الكلوى للأملاح بين الفقاريات

الفقاريات التى تعيش في وسط مشبع بالأملاح، أو تلك التى تقطن في بيئات جافة ولا يمكنها بذل ماء كثير من الجسم ليحمل الأملاح المتجمعة نحو الخارج،لديها تركيبات إضافية للكلى لإفراز الأملاح. فالأسماك البحرية لديها غدد تفرز الكلوريد فوق الخياشيم. والأسماك الغضروفية لديها غدد في المستقيم **rectal glands** تؤدى ذلك. الزواحف البحرية والطيور التى تنتزع الأسماك خارج المياه المالحة، لديها غدد منخارية **nasal glands** تفرز الأملاح. وكذلك السحالى الأرضية والثعابين التى تعيش في مناطق جافة، وتلك الأخيرة بها كبات ضامرة تحافظ على الماء أيضا.

كما توجد في الثدييات غدد عرقية **sweat glands** تخرج بعض الأملاح. ولكن إفراز الماء بهذا الطريق يعتبر تابعا لإفراز الماء للتأثير التبريدى بالبخر.

المثانة البولية Urinary bladder

لمعظم رباعيات القدم مثانة بولية، تعمل كمخزن للبول قبل خروجه، ولكن قيمتها الرئيسية للفقاريات الأرضية تبدو في كونها مخزنا للماء الذى قد يحتاج إليه الجسم فيما بعد.

المثانة البولية فى الأسماك:

فى معظم الأسماك، تكون المثانة البولية -إن وجدت- عبارة عن مجرد بروز من التحام الطرفين الخلفيين للقنوات البولية. الجيب البولى التناسلى فى ذكور القروش والجيب البولى للإناث، تقع تحت تعبير حلمة بولية تناسلية **urogenital papilla** أو حلمة بولية. وهى أقرب تركيبات للمثانة البولية فى القروش، ولكن الجيوب صغيرة لدرجة لا تسمح لها أن تكون مخزنا للبول.

التركيبات الأكثر وضوحا والتى تحمل اسم مثانة بولية فى الأسماك، هى حويصلات تنشأ من الطرف الخلفى لاتحاد قناتى الكلية.

لا توجد قيمة واضحة فى وجود مثانة بولية فى معظم الأسماك للحفاظ على الماء، حيث إن أسماك المياه العذبة تعيش فى الماء، وكثير من الأسماك البحرية لديها القدرة لاستخلاص الماء العذب من مياه البحر، بشرب ماء البحر وإخراج الأملاح بسرعة.

مستديرات الفم ليس لديها تركيب يمكن تسميته مثانة بولية.

المثانة البولية فى رباعيات القدم

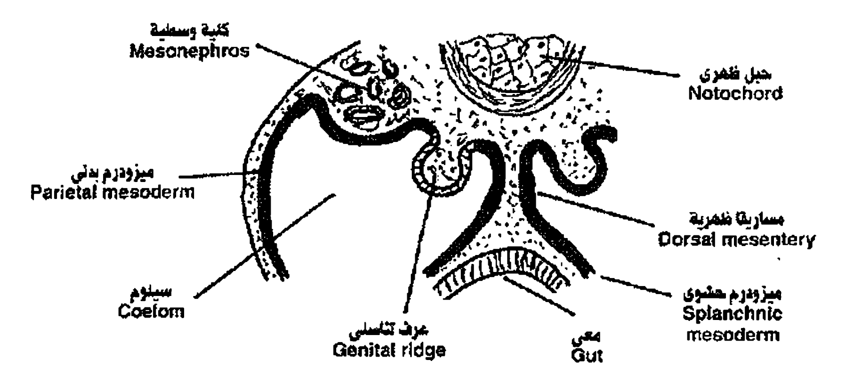
المثانة البولية فى رباعيات القدم تنشأ، أثناء تكون الأعضاء فى الجنين، كبروز من المجمع، وتخرج البول فى المجمع فى الحيوان اليافع، فيما عدا الثدييات المشيمية. وهى غائبة فى التماسيح والثعابين وبعض السحالى، وفى الطيور بخلاف النعام. غيابها فى الطيور يقلل من احتياجات الطاقة للطيران.

فى أجنة الرهليات، فإن بروز المجمع الذى يعطى المثانة، يمتد فى جدار الجسم البطنى كغشاء خارج جنينى **external embryonic membrane** يسمى السجق أو المنبار **allantois**. الضفادع، والسلاحف، وبعض السحالى لها عادة مثانة بولية كبيرة. وبعض سلاحف المياه العذبة بها مثانة بولية صغيرة. إناث تلك السلاحف تستخدم هذه المثانة لحمل الماء لترطيب وتنعيم التربة عند تجهيز عش البيض.

وحيث إن قنوات الكلية فى البرمائيات والزواحف والثدييات الأولية تفتح فى المجمع، فإن البول فى رباعيات القدم تلك يتجمع فى المجمع، ثم يدفع فى المثانة حينما يكون صمام المجمع مغلقا. فى الثدييات المشيمية، تفرغ قنوات الكلية مباشرة فى المثانة، وتصفى المثانة بواسطة مجرى البول **urethra**.

المناسل Gonads

تنشأ المناسـل فى الجنين كزوج من الانتفـاخات يسمى العـرف التناسلى **genital ridges** من الطلائية السيلومـية فى الجهة الداخلية من الـكلية الوسطية (شكل ٥-٧٨). رغم نشأة المناسل من انتفـاخات مزدوجة، إلا أنه فى قليل من الفـقاريات (مثل الجلكى وبعض الأسماك العظميـة)، توجد خصية واحدة أو مبـيض واحد، مما يدل على التحام العرفين التـناسليين فى الخط الوسطى، أو لأن أحد المناسل فى الجنين يفـشل فى التمـيز كمـا فى بعض الأسماك الـغضروفـية الولودة وبعض إناث التمـاسيح وبعض السـحالى ومعظم إناث الطيور. وقليل من الثدييات أيضا، مثل الثدييات الأولية والخفافيش، لديها مبيض واحد.



(٥-٧٨) رسم تخطيطى لقطاع عرضى فى جنين الفقاريات- يوضح تكوين العرف التناسلى فى سقف السيلوم

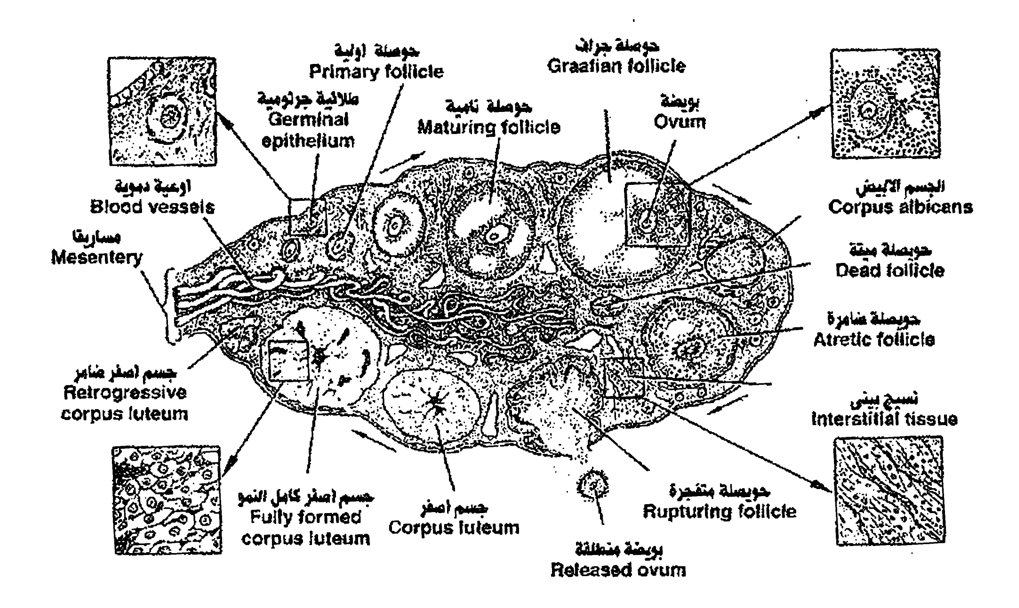
حينما تقترب المناسل من النضوج الجنسى، فإنها تكبر ويتكون لها مساريقا ظهرية ذكـرية فى الذكـر **mesorchium** أو أنثـوية فى الأنثى **mesovarium**. المناسل هى مصدر الأمشاج وهرمونات المناسل.

المبيض Ovary

فى بعض الأسمـاك العظمية، يكون المبيض باسـتمرار عبـارة عن كيس أجوف، وذلك بسـبب حجـز جزء من تجويف السيلوم بداخل المبيض النامى. وعليـه فإن تجويف المبيض مبطن بواسطة خلايا جرثومية **germinal epithelium** وهى مصدر البيض.

فى أسماك عظمية أخرى، ينتج تجويف المبيض بسبب تكون التجويف بداخله عند كل تبويض **ovulation**. فى كلتا الحـالتين، أو فى الأسماك العظميـة الولودة، تخرج

الصغار فى تجويف المبيض الذى يكون مستمرا مع تجويف قناة البيض. المبيض فى معظم الأسماك العظمية الأخرى مصمت. مبيض البرمائيات عبارة أيضا عن كيس مجوف، ولكن الطلائية الجرثومية تكون على السطح ويخرج البيض إلى السيلوم. المبايض فى الزهليات -بخلاف الثدييات المشيمية- ليست مصمتة. إنها تكون عددا كبيرا من تجاويف غير منتظمة ممتلئة بسائل **lacunae**، من الواضح أنها تقوم بتغذية البيض النامى فى القشرة. ولكن البيض الناتج الممتلئ بالمح، يخرج إلى السيلوم. عند نهاية كل فصل تكاثر، فإن مبايض معظم الفقاريات أقل من الثدييات المشيمية، تعود إلى حالة مشابهة لحالة الطور الصغير **juvenile**.



(٥-٧٩) قطاع فى مبيض الثدييات - يوضح الأطوار المتتالية فى تكوين حويصلات بيضية (جراف) Graafian follicle

مبيض الثدييات المشيمية مصمت، وتكوّن التجويف يكون فقط بداخل حويصلات جراف **Graafian follicles** الناضجة (شكل ٥-٧٩) ويسمى **antrum**. المبيض، مثل معظم المبايض الأخرى، مغطى سطحه بطلائية جرثومية، التى منها تنشأ الخلايا البيضية **oocytes**، بعضها يصبح حويصلات ناضجة خلال حياة الفرد. إن جدار حويصلة جراف عند سطح المبيض، يرق قبيل التبويض، وحينما يتكسر الجدار، فإن البويضة

تجرى نحو السائل السيلومى محاطة بتاج **corona** من الخلايا الحويصلية. خروج البيض عبارة عن عملية تسمى التبويض **ovulation**. بعد انفجار الحويصلة فإن الخلايا الباقية بداخلها تتغير هستولوجيا وفسيولوجيا تحت تأثير هرمونات الغدة النخامية، وتكون الجسم الأصفر **corpus luteum (pl.: corpora lutea)**، التى تعتبر مصدرا وحيدا للبروجستيرون **progesterone** اللازم للمحافظة على الحمل **pregnancy**. قبل التبويض يكون الإفراز السائد للخلايا هو الأستروجين **estrogen**.

فى كثير من الثدييات، تنشأ ثنية غشائية من البريتون بالقرب من المبيض وقناة البيض، وتنمو حولها مكونة جزءا صغيرا من السيلوم معها تسمى الكيس المبيضى **ovarian bursa** الذى قد يفتح باتساع فى السيلوم الرئيسى، كما فى القط والأرنب، وقد يتصل بالسيلوم بواسطة مجرد شق كما فى معظم آكلات اللحم والفئران، وقد يُغْلق كلية كما فى الهامستر. ويزيد الكيس المبيضى من احتمالات أن يكون كل البيض الناضج النازل قد دخل قناة البيض، ولا يفقد فى السائل السيلومى أو ينزرع فى السيلوم.

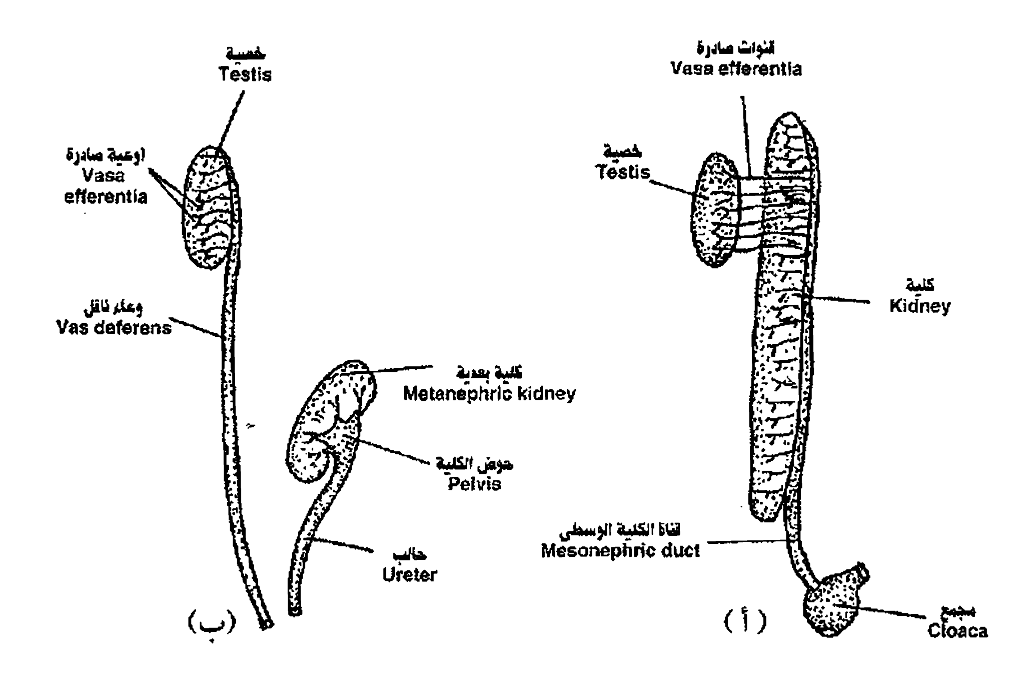
الخصية Testis

تكون الخصية عادة أصغر من المبيض، غير أن خصى الثدييات المشيمية فريدة بين الفقاريات فى كونها أكبر من المبايض؛ لأن البيض فيها عديم المح تقريبا، وقليل من البيض الناضج يوجد فى نفس الوقت.

الحيوانات المنوية تنتجها الطلائية الجرثومية التى تكون بطانة الأنيبيبات المنوية **seminiferous tubules** فيما عدا الأسماك الأولية والبرمائيات الذيلية. حينما تنضج، تنفصل الحيوانات المنوية عن الطلائية الجرثومية، وتنطلق بواسطة الذيل مخترقة الأنيبوبة إلى أن تصل إلى شبكة الخصية **rete testis**، وهى شبكة من قنوات دقيقة بداخل الخصية، ومنها تنطلق الحيوانات المنوية بواسطة أوعية صادرة **efferent ducts (= vasa efferentia)** (شكل٥-٨٠أ) وهى أنيبيبات متحورة من الكلية الوسطية. فى دائريات الفم تطلق الحيوانات المنوية فى السيلوم.

الضفادع

الكلية الجنينية تنقسم إلى جزء أمامى هو عضو بيدر **Bidder's organ** الذى يختفى عادة قبل النضوج الجنسى، وجزء خلفى يصبح الخصية اليافعة. يبقى عضو بيدر فى ذكور العلاجم اليافعة ويحتوى على خلايا كبيرة غير مميزة تشبه البيض غير الناضج. إذا أزيلت الخصية تجريبيا، فإن عضو بيدر ينمو إلى مبيض فعال، والقناة الأنثوية تكبر تحت تأثير هرمونات أنثوية من المبيض الجديد.



شكل (٥-٨٠) *يبين الكلية والخصية في النموذج الأساسي* **basic pattern**
(أ) وفيه تحمل قناة الكلية الوسطية كلا البول والحيوانات المنوية.
(ب) وفي الرهليات **amniotes** تحمل قناة الكلية البعدية البول فقط، وقناة الكلية الوسطية تصبح الوعاء الناقل لنقل الحيوانات المنوية فقط نحو الخارج.

أثناء التميز المبكر، تكون المناسل غير مميزة **indifferent** بالنسبة للجنس. وتظهر القنوات الذكرية والأنثوية في كل جنين. تحت تأثير الكروموسومات الجنسية وهرمونات الغدة النخامية والمناسل، تنمو المناسل غير المميزة إلى خصى أو مبايض، والقنوات التناسلية تكبر في حين تبقى الأخرى ضامرة أو تختفي.

انتقال المبايض والخصى في الثدييات Translocation

القطب الخلفي لكل مبيض أو خصية جنينية يتصل بواسطة حبل **ligament** إلى بروز بسيط في السيلوم يسمى الانتفاخ التناسلي **genital swelling** الذي يصبح كيس الخصية في الذكر (كيس الصفن) **scrotal sac**، والشفة الكبرى **labium major** في الأنثى.

الجزء الأمامي من الحبل في الأنثى يسمى الحبل المبيضي والجزء الخلفي الحبل الدائري للرحم. في الذكر يسمى الحبل دفة الخصية **gubernaculum**. نتيجة قصر

الحبل وعدم استطالته مع استطالة الجذع تنتقل المبايض نحو الخلف نحو الشفاة أو أكياس الخصى. المبايض لا تنتقل أبعد من ذلك مثل الخصى.

تنزل الخصى بداخل الأكياس فى كثير من الثدييات، بما فيها معظم الكيسيات، والحافريات واللاحمات والرئيسيات. فى الثدييات الأخرى، تنزل الخصى فى الأكياس وتعود عند اللزوم (مثل الأرانب، والخفافيش وقليل من القوارض وبعض الرئيسيات الأولية). الممر بين تجويف البطن وتجويف الكيس يسمى القناة الأربية **inguinal canal**.

الحبل المنوى **spermatic cord** يحتوى على قناة منوية وشرايين وأوردة ومساحات ليمفاوية وأعصاب. كل ذلك مغلف بغلاف واحد، وكلها تنسحب مع الخصية بالكيس. وأكياس الصفن لا تتكون فى الثدييات الأولية، وبعض آكلات الحشرات والفيلة والحيتان. فى هذه الثدييات تبقى الخصى بصفة دائمة داخل البطن.

القنوات التناسلية الذكرية Male genital ducts

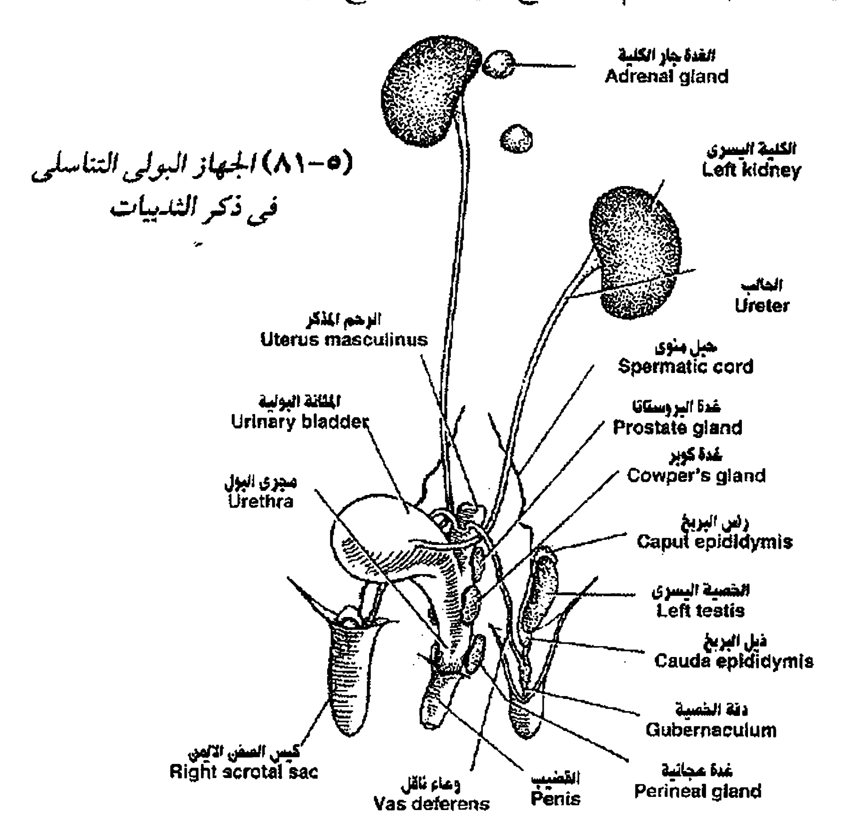
فى الجهاز البولى التناسلى العام (شكل ٥-٨٠أ) تنقل قنوات الكلية الوسطية كلا من البول والحيوانات المنوية. الاتصال ما بين الكلية الوسطية والخصية يتم مبكرا فى الجنين. بعض الأنيبيات الأمامية للكلية الوسطية تنمو خلال المساريقا الذكرية لتتصل مع أنيبيات الخصية. وتلك الأنيبيبات الكلوية المتحورة فى المساريقا الذكرية تصبح القنوات الصادرة **vasa efferentia** التى تحمل الحيوانات المنوية من الخصية.

القنوات الكلوية الذكرية تفرغ فى المجمع فى الزواحف والطيور. وفى الثدييات تفتح فى جزء مشتق من المجمع (شكل ٥-٨٠ب) والتحورات التى تحدث فى علاقات القنوات المنوية فى الثدييات تتم كالآتى:

١- انفصال كامل للمجمع الجنينى إلى جيب بولى تناسلى **urogenital sinus** ومستقيم **rectum**.

٢- هجرة الخصى نحو الخلف. القنوات المنوية فى النهاية تفرغ فى الجيب البولى التناسلى المسمى مجرى البول **urethra**. القنوات المنوية تلتف فوق الحوالب فى طريقها من الخصية إلى مجرى البول (شكل ٥-٨١). قبل فتحها فى مجرى البول، فإن القنوات المنوية عادة تكون انتفاخا يسمى جراب الوعاء الناقل **ampulla of ductus deferens**. بالقرب من مدخل القنوات المنوية، توجد البروستاتا **prostate gland**، وواحدة أو أكثر من غدة جنسية إضافية تنتج بعض مكونات المنى وتفرغ فى مجرى البول.

دائريات الفم تفتقر إلى قنوات تناسلية، سواء فى الذكر أو فى الأنثى. تنزل الحيوانات المنوية والبيض فى السيلوم المهدب، وتدفع نحو الخلف بواسطة تموجات الجسم وبواسطة ضربات أهداب السيلوم، وتخرج عن طريق زوج من الفتحات التناسلية.



(٥-٨١) الجهاز البولى التناسلى فى ذكر الثدييات

الثقوب التناسلية Genital pores

لا توجد قنوات تناسلية فى دائريات الفم كما ذكر من قبل. يقذف البيض والحيوانات المنوية فى السيلوم ثم إلى الخارج عن طريق زوج من الفتحات التناسلية قمعية الشكل فى جدار البطن الخلفى. وتلك تؤدى إلى حلمة وسطية **median papilla**، وهى بولية تناسلية فى الجلكى، تفتح إلى الخارج بعد الإست مباشرة.

فتحات مماثلة تؤدى من السيلوم مباشرة نحو الخارج توجد فى بعض الأسماك الغضروفية وعدد من الأسماك العظمية، وتوجد أيضا فى السلاحف والتماسيح. لكن تلك الفتحات لا تحمل الأمشاج فى أى من تلك الفقاريات؛ لأن القنوات التناسلية موجودة فيها؛ ولذلك يفضل اعتبار تلك الفتحات فتحات بطنية **abdominal pores**،

غير معروفة الوظيفة. فى بعض الأسماك العظمية البحرية، توجد الثقوب فى الإناث فقط، وتفتح بعد فصل الجماع فقط. وهى قد تلعب دورا فى التكاثر.

أعضاء الجماع Copulatory organs

فى حالة الإخصاب الداخلى، نجد أن للذكر -مع استثناءات قليلة- أعضاء جماع لإدخال الحيوانات المنوية فى القناة التناسلية. وتلك موجودة فى الزواحف والثدييات. وتوجد أيضا فى الأسماك ذات الإخصاب الداخلى، وبعض الضفادع وقليل من الطيور. فى معظم الطيور يحدث انقلاب للمجمع فى كلا الجنسين ليسهل انتقال الحيوانات المنوية.

أعضاء الجماع فى الأسماك الغضروفية مزودة بشق وهى عبارة عن زوائد إصبعية الشكل من الزعنفة الحوضية تسمى مساكات أو قوابض **claspers**. فى كثير من الأسماك العظمية تتحور الزعنفة الشرجية لنقل الحيوانات المنوية وتسمى القدم المنسلية **gonopodium**. أعضاء الجماع فى الثدييات من نوعين: شبه أو نصف قضيب **hemipenis** وقضيب **penis**. ذكور الثعابين والسحالى لديها زوج من شبه القضيب، وهما بروزان يشبهان الجيب للجدار الخلفى من المجمع يمتدان تحت الجلد عند قاعدة الذيل.

ذكور السلاحف والتماسيح وقليل من الطيور (مثل البجع والبط والنعام)، وذكور الثدييات لديها قضيب منفرد قابل للانتصاب **erection**.

القنوات التناسلية الأنثوية

القناة التناسلية الأنثوية تتكون أساسا من زوج من الأنابيب العضلية، تبدأ بالفتحة **ostium** محاطة بقمع بيض مشرشر **infundibulum**، وتصب فى المجمع.

الأنابيب تتميز إلى زوج من قنوات مولر **Müllerian ducts** فى جنين كلا الجنسين. فى حالة الإناث البحرية، توصل القنوات البيض وتفتح فى المجمع.

فى حالة الإخصاب الداخلى، تخترق الحيوانات المنوية البيض فى الأجزاء العليا من قنوات البيض، ويدفع البيض على امتداد قناة البيض بواسطة أهداب أو حركة دودية لعضلات ملساء. بيض الأسماك العظمية غالبا ما يخصب أثناء بقائه فى الحوصلة البيضية. ولكن إناث البرمائيات الذيلية لديها جيوب لتخزين الحيوانات المنوية تسمى أكياسا منوية **spermatheca** فى الجدار الظهرى من المجمع، تستقبل وتخزن الحيوانات المنوية وتدفعها فوق البيض الناضج. الذى يمر بها فيما بعد. ولبعض السحالى والثعابين

أكياس منوية عبارة عن كهوف من بطانة قناة البيض فوق غدة القشرة مباشرة. والطيور المنزلية لديها تلك الأكياس، عند الاتصال الرحمى المهبلى **uterovaginal junction**. تلك الرهليات تضع البيض تتابعيا أثناء الفصل وتختزن الحيوانات المنوية فى الأكياس المنوية لعدة شهور.

الأسماك والبرمائيات

فى إناث الأسماك الغضروفية تكون كل قناة مولر قناة بيضية بها جزء رحمى يفتح فى المجمع. الجزء الأمامى الغدى يفرز زلالا والجزء الخلفى يفرز القشرة. تتحد فتحتا القناتين فى الجنين لتكونا فتحة واحدة فى الطور اليافع. فى الأسماك العظمية، قناتا البيض إما تكونان قصيرتين عند الطرف الخلفى للسيلوم، أو تستمران مباشرة مع تجويف المبيض. فى كلتا الحالتين فإنهما تؤديان إلى ثقب تناسلى يقع بين الفتحة البولية والشرج. الثقب التناسلى يكون أحيانا عند طرف حلمة تناسلية. دائريات الفم ليس بها قنوات بيض، حيث يخرج البيض من السيلوم عن طريق زوج من الثقوب التناسلية.

فى الضفادع، قد يتسع الجزء الخلفى من قناة البيض مكونا كيس البيض **ovisac** رقيق الجدر، حيث يتجمع البيض قبل وضعه. قناتا البيض تفتحان منفصلتين فى المجمع فى الأسماك الرئوية ومعظم البرمائيات. ولكنهما تتحدان فى العلاجيم وتفتحان فى المجمع خلال ثقب تناسلى عام. بطانة قناة البيض فى البرمائيات غنية بالغدد التى تفرز العديد من الأغلفة الجيلاتينية حول كل بيضة عند مرورها فى القناة.

الزواحف والطيور والثدييات الأولية

القنوات فى أنثى الزواحف والطيور والثدييات الأولية تماثل النموذج الأساسى للفقاريات، ولكن قناة واحدة تتميز فى التماسيح وبعض السحالى ومعظم إناث الطيور. فى الرهليات البيوضة، بخلاف الثعابين والسحالى، فإن جزءاً من قناة البيض، تبطنه غدد الزلال، وكلها بها غدة قشرة أمام المجمع مباشرة. تبقى القشرة جلدية أو تصبح هشة فى الهواء معتمدة على مكونات الإفراز.

فى الطيور، يسمى الجزء الخاص بإفراز الزلال **magnum**، وجزء غدة القشرة سميكة الجدر تسمى تجاوزا الرحم **uterus**. الجزء العضلى الطرفى، ويسمى المهبل **vagina**، يفرز المخاط الذى يسد فتحات القشرة ليمنع تبخر الماء وليس لمرور الأكسجين. وعليه، يمنع فقدان الرطوبة من البيضة بعد ما توضع. ثم يدفع المهبل البيض نحو الخارج.

قناتا مولر فى الثدييات المشيمية تكونان قناتى البيض والرحمين والمهبلين vaginae، بخلاف الكيسيات فإن قناتى مولر تتحدان فى الخلف. وعليه، فإن قناة الأنثى اليافعة فوق الكيسيات مزدوجة أماما ومنفردة خلفا متحدتان كمهبل غير مزدوج. قناتا البيض أو أنبوبتا فالوب **Fallopian tubes**، كما تسميان فى الثدييات، قصيرتان نسبيا صغيرتان فى الاتساع، ملتويتان **convoluted** ومبطنتان بالأهداب، تبدآن عند قمع قناة البيض الذى يحده شراشيب غشائية رقيقة **fringes**.

الرحم Uterus

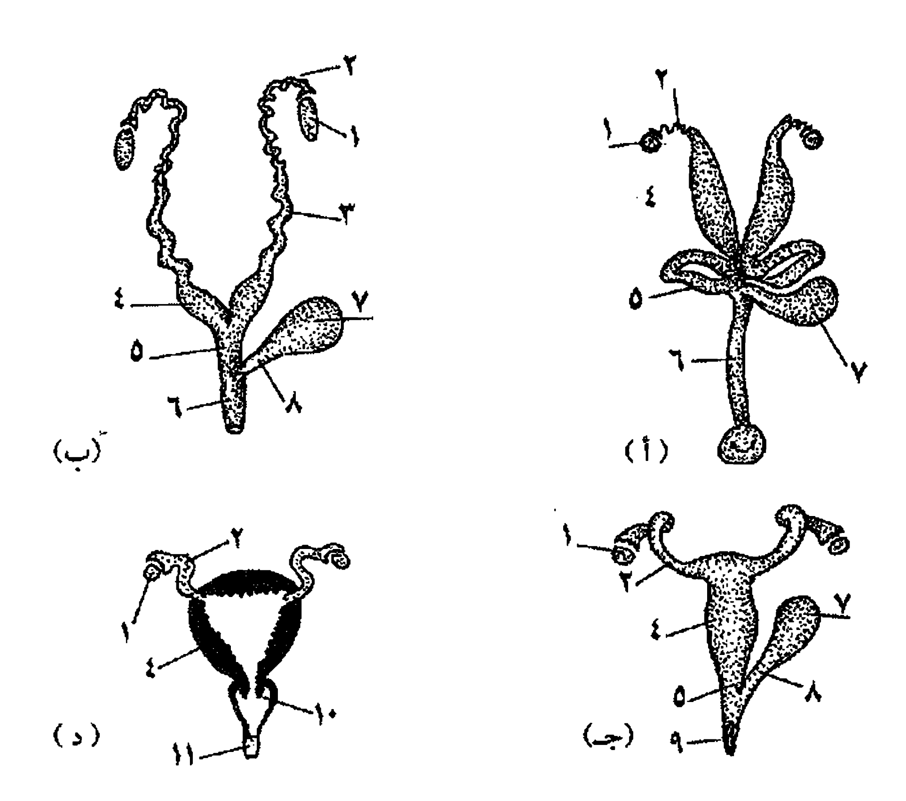
فى معظم الكيسيات لا يوجد اتحاد بين قناتى مولر الجنينيتين. وعلى ذلك فإن القناة التناسلية الأنثوية مزدوجة. وللكيسيات رحم مزدوج **duplex** ومهبلان مزدوجان (شكل ٥-٨٢أ).

فى الثدييات المشيمية، توجد درجات متنوعة من اتحاد الأطراف الخلفية لقنوات مولر، يؤدى غالبا إلى بوقين رحميين **uterine horns**، وجسم رحمى ومهبل واحد (شكل ٥-٨٢ب). فى القرود والقردة العليا **apes** والإنسان وبعض الخفافيش والمدرع، لا توجد قرون رحمية، وتفتح قناتا البيض فى جسم الرحم مباشرة (شكل ٥-٨٢جـ) جسم الرحم يضيق مكونا عنق الرحم (**cervix-neck**) (شكل ٥-٨٢ د) الذى يمتد طرفه السفلى بداخل المهبل مكونا شفاه العنق. الشفاه تحيط بفتحة الرحم (**os uteri**)، تؤدى من الرحم إلى المهبل. العنق لابد أن يتسع تحت تأثير الهرمونات ليسمح بمرور المولود.

الحيوانات المنوية الموضوعة فى المهبل تمر خلال فتحة الرحم، حتى تصل إلى الجزء العلوى من قنوات البيض، حيث يخترق حيوان منوى البويضة. بطانة الرحم **endometrium** تصبح غنية بالدم تحت تأثير الهرمونات قبل انزراع الحوصلة البلاستودرمية **blastocyst**. طبقة الرحم العضلية السميكة **myometrium** تساعد فى طرد الصغير عند الميلاد، شريطة أن تكون معدّة هرمونيا لهذا الغرض.

المهبل Vagina

فوق الكيسيات، نجد أن المهبل هو الجزء الطرفى المتحد من قنوات مولر. وهو الذى يفتح عادة فى الجيب البولى التناسلى. ولكن فى الرئيسيات، فإن المهبل يمتد غالبا نحو الخارج. فى كثير من القوارض، يفتح المهبل مباشرة نحو الخارج خلف الحلمة البولية مباشرة. المهبل فى الثدييات قرنى البطانة لاستقبال القضيب.



شكل (٥-٨٢) *الجهاز التناسلي في أنثى الثدييات :*

(أ) الكيسيات (رحم مزدوج **duplex uterus**)
(ب) الثدييات المشيمية (الأرنب): رحم من جزءين **bipartite**.
(جـ) رحم الرئيسيات **primates** (القردة): رحم بسيط **simplex**.
(د) رحم الرئيسيات في قطاع طولي وسطي.

١	مبيض	Ovary	٧	مثانة بولية	Urinary bladder
٢	قناة البيض	Oviduct	٨	مجرى البول	Urethra
٣	بوق الرحم	Horn of uterus	٩	دهليز الرئيسيات	Vestibule of primates
٤	جسم الرحم	Body of uterus	١٠	عنق الرحم	Cervix
٥	مهبل	Vagina	١١	مهبل	Vagina
٦	جيب بولي تناسلي	Urogenital sinus			

المهبل في الكيسيات غير عادي. خلف الرحمين مباشرة، تتقابل قناتا مولر لتكونا مهبلا وسطيا، الذى قد يكون مزدوجا داخليا، خلف المهبل الوسطى تستمر قناتا مولر في مهبلين جانبيين **paired (or lateral) vaginae**. وعلى ذلك فإن القضيب في ذكر الكيسيات مشقوق عند الطرف.

المجمع Cloaca

المجمع هو الجـزء الطرفى من المعى الخلفى **hind-gut**، الذى يستـقبل الأمـعاء الغليظة والقنوات البولية والتناسلـية. فى الثدييات المشيميـة، ينقسم المجمع الجنينى إلى عدة ممرات مـنفصلة، ولا يمكن أن تبـقى كتـركيب يافع. باسـتثناء ذلك، فـإن المجمع موجود فى جمـيع الفقاريات، ويفتح نحو الخارج بفـتحة المجمع **cloacal opening**. المجمع فى الأسماك والبرمائيات يستقبل الأمعاء الغليظة وقنوات الكلى الوسطى وقنوات البيـض فى الأنثى. فى البرمـائيات، تفـتح فيه المثانة البولـية من أسفل. المجـمع فى الزواحف والطيور والثدييـات الأولية يستقبل نفس التـركيبات: الأمعاء الدقـيقة وقنوات الكلى الوسطى (ولكنهـا فى الذكر فـقط تحمل الحـيوانات المنوية). وقنوات البـيض فى الأنثى، وكـذلك المثـانة إن وجـدت. بالإضافـة إلى ذلك، فـإن الحـالب فى الزواحف والطيور والثدييات الأولية يفتح فى المجمع فيـما عدا القضيـب -إن وجد- يكون مدفونا فى قاع المجمع، ويفتح جيب ليمفاوى وهو كيس فابريشى **(bursa of Fabricius)** فى سقف المجمع فى صغار الطيور.

فى الزواحف والطيور والثـدييات الأولية، توجـد ثنية أفقيـة تسمى الثنية البـولية المستقيمة **urorectal fold**، تقسـم الجزء الأمامى من المجمع إلى غـرفتين: غرفة معوية **coprodeum** تستـقبل قنوات البـيض والبوليـة. الجزء الطرفى من المجمـع فى الطيور يسمى الغرفة المستقيمة **proctodeum**.

مصير المجمع فى الثدييات المشيمية

Fate of cloaca in placental mammals

فى الثدييات الأولية -كمـا ذكرنا- تقسم الثنية البولية والمستـقيمة الطرف الأمامى من المجمع إلى جـزءين بولى ومعـوى. فى الثدييات المشـيميـة، تنمو تلك الثنيـة نحو الخلف حتى تصل غشاء المجمع الذى يفـصله من الخارج. بتلك الطريقة، يصبح المجمع مقسـما كلية إلى مسـتقيم **rectum** ظهريا، وجـيب بولى تناسلى بطنيا. تكسيـر غشاء المجمع عند الـنقطتين، يؤدى إلى تكون فتـحة الشرج والفـتحـة البولية التنـاسلية. فى الجنين، يستقبل الجيب البـولى التناسلى قنوات الكلى الوسطى، وقنوات مولر (الموجودة فى جنين الذكر والأنثى)، والمثـانة البولية المسـتقبلية (السـجق)، مثل الغرفة البـولية فى الثدييات الأولية.

باستمرار النمو فى الذكر، تضمحل قناتا مولر، ويستطيل الجيب البولى التناسلى، الذى يصبح مستمرا مع فتحة المجرى البولى الإسفنجي الذى ينمو مستقلا فى القضيب. الجيب البولى التناسلى يتكون الآن من مجرى البروستاتا ومجرى البول الغشائى.

تنحرف الحوالب لتـفتح فى المثانة، حيث تستـمر قنوات الكلى الوسطى (القنوات المنوية الآن) في أن تفرغ من الجيب البولى التناسلى.

باستمرار النمو فى الأنثى، تنحصر قنوات الكلى الوسطى، وتتحد قناتا مولر عند الأطراف الخلفيـة، لتكونا جسم الرحم والمهـبل. الجزء من الجيب البـولى التناسلى بين المثانة ومدخل المهبل هو مجرى البول **urethra** . نتيجة هذه التغيرات، فإن معظم إناث الثدييات لها فتحتان خلفيتان نحو الخارج، فتحة بولية تناسلية وفتحة الشرج.

فى معظم إناث الرئيسيات (بما فيها الإنسان) وفي بعض القوارض، يتكون حاجز إضـافي في المجمع، فى الجـيب البـولى التناسلى. هذا الحاجـز يفـصل الجيب البـولى التناسلى إلى مجـرى البول والمهبل. ونتـيجة لذلك، فإن مـجمع الجنين فى هذه الأنواع يصبح منقســما إلى ثلاثة ممرات، مجرى البول، والمهبل، والمسـتقيم. كل ممر يؤدى إلى الخارج عن طريق فتحته الخاصة به.

الفصل السادس والعشرون

الجهاز العصبى وأعضاء الحس

الجهاز العصبى
NERVOUS SYSTEM

الجهاز العصبى هام للكائن الحى، حيث إنه يجعل الكائن الحى على دراية بالوسط الذى يعيش فيه، فهو يستقبل المؤثرات الخارجية ويستجيب لها بما يلائم حياة سوية لهذا الكائن. بالإضافة إلى ذلك، فإن للجهاز العصبى دوره الأساسى فى المحافظة على الترابط والتناسق بين أعضاء الكائن الحى المختلفة وأجهزته، حتى يعمل الجسم كوحدة واحدة، فيها اتزان بين أجهزته. وعلى ذلك يمكن القول أن الجهاز العصبى يسيطر على جميع أجهزة الجسم. ولا ننسى دور الجهاز العصبى فى تخزين المعلومات وبالذات بالدماغ، حتى يمكن للكائن أن يتجنب أمورا مؤذية له ويتعرف على أمور معينة له، فيتعلم السلوك القويم مما اختزنه من معلومات فى حياته.

ينقسم الجهاز العصبى إلى قسمين رئيسيين: الجهاز العصبى المركزى ممثلا بالدماغ وتحيطه الجمجمة والحبل الشوكى ويحيطه العمود الفقرى، والجهاز العصبى الطرفى ممثلا فى الأعصاب والعقد العصبية. ويتصل الدماغ بأعصاب دماغية، والنخاع بأعصاب شوكية. والأعصاب منها نوع يوصل الإحساس سواء من الخارج أو من داخل الجسم، وتلك هى الأعصاب الحسية أو الواردة، وأعصاب توصل الاستجابة لتلك الأحاسيس إلى العضلات أو الغدد وتلك هى الأعصاب الحركية أو الصادرة.

الخلية العصبية Nerve cell (neuron)

إنها وحدة الجهاز العصبى الأساسية التركيبية والوظيفية. تتكون الخلية العصبية من جسم الخلية وزوائد تسمى أليافا عصبية **nerve fibers**. يحتوى جسم الخلية على السيتوبلازم والنواة وأجسام نيسل **Nissl's bodies**. الزوائد عبارة عن بروزات سيتوبلازمية دقيقة وكثيرة التفرع. منها نوعان تفرعات توصل السيال العصبى **nerve impulse** إلى جسم الخلية وتحتوى على أجسام نيسيل وتسمى التفرعات الشجرية **dendrites** تكون عادة قصيرة ومتفرعة، ونوع يسمى المحور **axon** وهو بروز سيتوبلازمى واحد عادة طويل وبدون أجسام نيسيل ويوصل السيال العصبى من جسم الخلية إلى التفرعات الشجرية لخلية عصبية أخرى أو إلى العضو المستجيب **effector**.

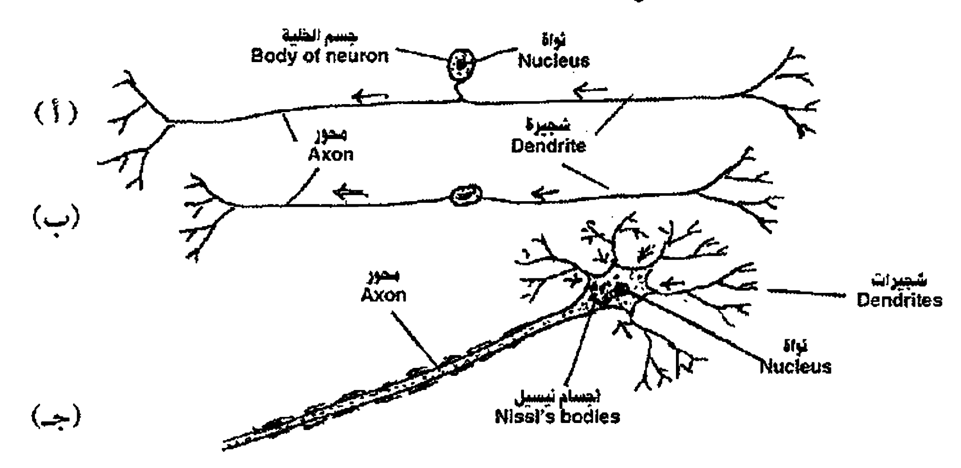
أنواع الخلايا العصبية Types of neurons

يوجد عادة ثلاثة أنواع من الخلايا العصبية (شكل ٥-٨٣):

أ- خلايا وحيدة القطب **unipolar neurons** (شكل ٥-٨٣أ)، وتوجد فى العقد العصبية الشوكية **spinal ganglia** على الأفرع الظهرية للأعصاب الشوكية وهى خلايا عصبية حسية توصل الإحساس إلى الجهاز العصبى المركزى.

ب- خلايا ثنائية القطب **bipolar neurons** (شكل ٥-٨٣ب) وتوجد عادة فى نسيج الأعضاء الحسية كما فى شبكية العين والطلائية الشمية.

ج- خلايا عديدة الأقطاب **multipolar neurons** (شكل ٥-٨٣جـ) وهى خلايا حركية **motor** توجد فى الجهاز العصبى المركزى، والبروزات كلها شجيرية واحد يمثل المحور.



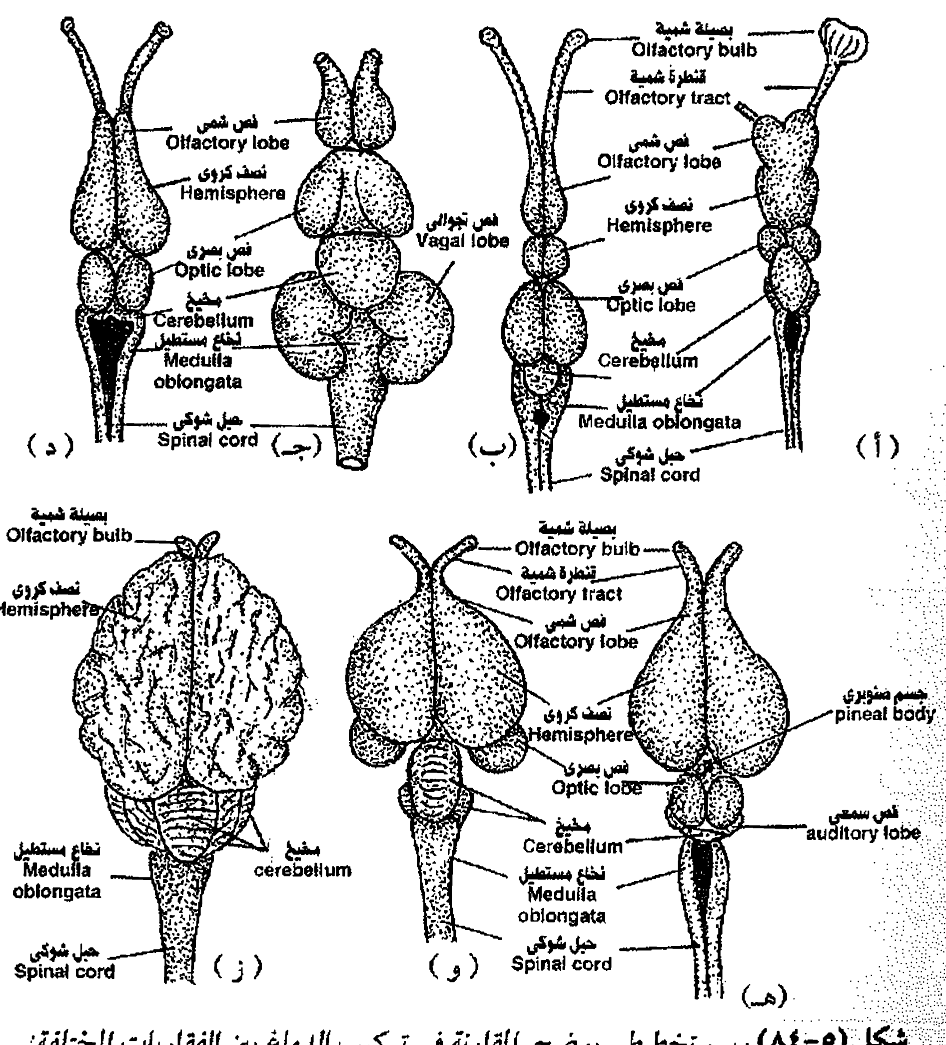
شكل (٥-٨٣) *يوضح أنواع الخلايا العصبية* **neurons**
(أ) خلية عصبية وحيدة القطب (حسية): **unipolar neuron**.
(ب) ثنائية القطب (حسية) **bipolar**.
(جـ) عديدة الأقطاب (حركية) **multipolar**.

الجهاز العصبى المركزى Central nervous system (CNS)

الدماغ:

يشغل الدماغ محفظة الدماغ من الجمجمة، التى تحميه، وهو محاط بأغلفة **meninges** والدماغ بين الفقاريات كلها ينشأ على أساس نموذج واحد، حيث يتسع الطرف الأمامى من الأنبوبة العصبية فى الجنين، ويتميز إلى ثلاث حويصلات **vesicles**

تكون أجزاء الدماغ الرئيسية وهى الدماغ الأمامى **prosencephalon (fore brain):** والدماغ الأوسط **mesencephalon (mid-brain):**، والدماغ الخلفى **(hind brain):** **rhombencephalon** ثم ينقسم الجزء الأمامى إلى الدماغ الطرفى **telencephalon** والبينى **diencephalon** ويبقى الدماغ الأوسط كما هو. ويستميز الدماغ الخلفى إلى بعدى **metencephalon** وميلينى **myelencephalon**. وعلى ذلك يتكون الدماغ الآن من خمسة أقسام رئيسية. ثم تتكون أجزاء هامة من كل قسم تختلف فى تعقيدها وتنوعها بين الفقاريات المختلفة حسب الأنشطة التى تقوم بها (شكل ٥-٨٤).



شكل (٥-٨٤) *رسم تخطيطى يوضح المقارنة فى تركيب الدماغ بين الفقاريات المختلفة:*

أ- أسماك غضروفية ب- أسماك عظمية جـ عظمية ذات فصوص تجوالية

د- برمائيات هـ- زواحف و- طيور ز- ثدييات

١ - الدماغ الطرفى Telencephalon

يشمل الدماغ الشمي rhinencephalon والنصفين الكرويين cerebral hemispheres

الدماغ الشمي: يتميز فى الجزء الأمامى من الدماغ الطرفى، ويتكون من بصيلات شمية olfactory bulbs وممرات شمية olfactory tracts وفصوص شمية olfactory lobes. ويختبئ الدماغ الشمى الصغير أسفل النصفين الكرويين فى الثدييات.

البصيلات الشمية تقع ملاصقة للطلائية الشمية فى الأكياس الشمية olfactory sacs، ويفصلها عنها المحافظ الشمية. فى الأسماك يكون الفص الشمى بارزا مثل النصفين الكرويين، مما يعكس أهمية حاسة الشم بينها (شكل ٥-٨٤أ، ب، جـ).

النصفان الكرويان: صغيران فى الأسماك (شكل ٥-٨٤ أ، ب، جـ)، ومتوسطا الحجم فى البرمائيات (شكل ٥-٨٤ د) ويكونان فى الزواحف (شكل ٥-٨٤ جـ) وفى الطيور (شكل ٥-٨٤ و) أكبر منهما فى البرمائيات. أما فى الثدييات فإن النصفين الكرويين يكونان أضخم من بقية الفقاريات. وفى الثدييات المشيمية (شكل ٥-٨٤ ز) فإن القشرة تتسع فى تلافيف تسمى gyri تفصلها فواصل تسمى salci، فيزداد عدد النيورونات فى هذه القشرة.

٢- الدماغ البينى Diencephalon

يتكون من المهاد الجانبى thalamus وفوق المهاد epithalamus وتحت المهاد hypothalamus.

يحتوى الدماغ البينى على تجويف متسع هو البطين الثالث third ventricle، حيث إن النصفين الكرويين أمامه يحتويان على البطينين الأول والثانى. سقف البطين الثالث غشائي يحتوى على ضفيرة تغذية من شعيرات دموية تسمى الضفيرة المشيمية الأمامية anterior choroid plexus، وتمتد طلائية السقف إلى أعلى مكونة الجسم الصنوبرى pineal organ أو جار الصنوبرى parapineal organ يمثل الجسم الصنوبرى مستقبلا للضوء فى الجلكى photoreceptor، ولكنه غدى فى بقية الفقاريات. ويوجد الجسم جار الصنوبرى الآن فى قليل من الأسماك العظمية وبعض السحالى حيث يحتل ثقبا فى الجمجمة أسفل جلد شبه شفاف.

قاع الدماغ البينى يسمى تحت المهاد hypothalamus. وهو منطقة هامة ذات وظائف لها أهميتها. من هذا الجزء يدخل العصبان البصريان optic nerves، فى تصالب يسمى تصالب بصرى optic chiasma، حيث تتجه ألياف العصب البصرى

كلها أو بعضها نحو الجانب الآخر من سقف الدماغ الأوسط **tectum**. خلف هذا التصالب يوجد بروز الغدة النخامية **pituitary gland = hypophysis** التي تتصل بقاع الدماغ بواسطة عنق قمعى **infundibular stalk** أو عنق نخامى **pituitary stalk**.

فى جميع الفقاريات يمثل تحت المهاد موقعا هاما للمحافظة على توازن الجسم **homoiostasis** حيث ينظم محتوى كلوريد الصوديوم والجلوكوز فى الدم، وكذلك ينظم حرارة الجسم **thermoregulation**، كما يهيمن تحت المهاد على إفراز الغدة النخامية والمناسل.

في الأسماك الغضروفية، يبرز من قاع مهاد الدماغ خلف الغدة النخامية مباشرة، جزء غنى بالأوعية الدموية يسمى الكيس الدموى **saccus vasculosus**، وهو عضو حسي يحتوى على سائل من البطين الثالث.

٣- الدماغ الأوسط Mesencephalon

معظم السقف **tectum** يكون زوجا من الفصوص البصرية **optic lobes** فى جميع الفقاريات، وتلك تستقبل -كمراكز انعكاس- أليافا من الشبكية. وهما كبيران بشكل واضح فى الطيور (شكل ٥-٨٤ و)، التى لها أعين كبيرة وتعتمد على المؤثر البصرى لكثير من المعلومات عن الوسط الذى تعيش فيه. يوجد زوج من الفصوص السمعية خلف الفصوص البصرية في الزواحف (شكل ٥-٨٤ هـ)، والأربعة تكون الأجسام التوأمية الأربعة **corpora quadrigemina**، وتستقبل الفصوص السمعية أليافا عصبية من جزء التيه الغشائى الذى يكون حساسا للمؤثرات الموجية **vibratory stimuli** ومن مصادر أخرى.

التجويف العصبى للدماغ الأوسط عبارة عن قناة ضيقة تسمى قناة السائل العصبى **cerebral aqueduct**، أو قناة سيلفياس السائلية **sylvius aqueduct**

٤- الدماغ البعدى Metencephalon

أهم جزء فيه هو المخيخ **cerebellum** وهو بروز ظهرى من الدماغ البعدى، وظيفته الترابط بين العضلات الهيكلية استجابة لمعلومات من التيه الغشائى للأذن الداخلية، ومن قنوات الخط الجانبى والمستقبلات الذاتية **proprioceptors** فى العضلات والمفاصل والأربطة، ومن الانعكاسات والمراكز الحركية الإرادية فى الدماغ الأمامى.

ويرتبط حجم المخيخ بتعقيد أنشطة العضلات المخططة، وهو أكبر فى الأسماك (شكل ٥-٨٤ أ،جـ) عنه فى البرمائيات (شكل ٥-٨٤ د)، حيث إن السباحة تستلزم

حركات رأسية وانضباطا لتيارات الماء والمحافظة على الجزء الظهري للجسم من الانقلاب، وذلك يحتاج إلى نشاط عضلي أكثر تعاونا.

والمخيخ هو الأكبر في حالة الطيور (شكل ٥-٨٤ و) والثدييات (شكل ٥-٨٤ز)، التي تحتاج إلى مركز عصبي كبير يشبه الكمبيوتر، للترابط بين عضلات الرأس والعنق والجذع والأطراف. في مثل تلك الأنشطة المتنوعة مثل الطيران والجرى والقفز وحفظ التوازن، أو في حالة الإنسان اللعب بالبيانو.

أجسام خلايا المخيخ توجد في قشرة على السطح، وهو وضع يوجد فقط في النصفين الكرويين للرهليات العليا. في دائريات الفم، يكون المخيخ صغيرا، ولا يكون جاحظا على الدماغ.

٥- الدماغ الميليني Myelencephalon

يتمثل أساسا في النخاع المستطيل **medulla oblongata**، الذي ينسحب خلفا في الحبل الشوكي.

تجويف الدماغ الخلفي هو البطين الرابع **fourth ventricle**، ويمثل المخيخ جزءاً من سقفه. بقية السقف غشائي وبه شبكة دموية تسمى الضفيرة المشيمية الخلفية **posterior choroid plexus**. يوجد فصان تجواليان **vagal lobes** عبارة عن انتفاض من الدماغ الخلفي. في الأسماك التي لها براعم تذوق فوق الجسم كله، تمثل تلك الفصوص نهايات كثير من الألياف الحسية الواردة إليها للتذوق، وتحتوى على خلايا عصبية ثانوية، تمتد أليافها بالانعكاس في أماكن أخرى من الدماغ.

قنوات الدماغ متصلة ببعضها، ويضيق البطين الرابع كي يفتح في قناة الحبل الشوكي.

الحبل الشوكي Spinal cord

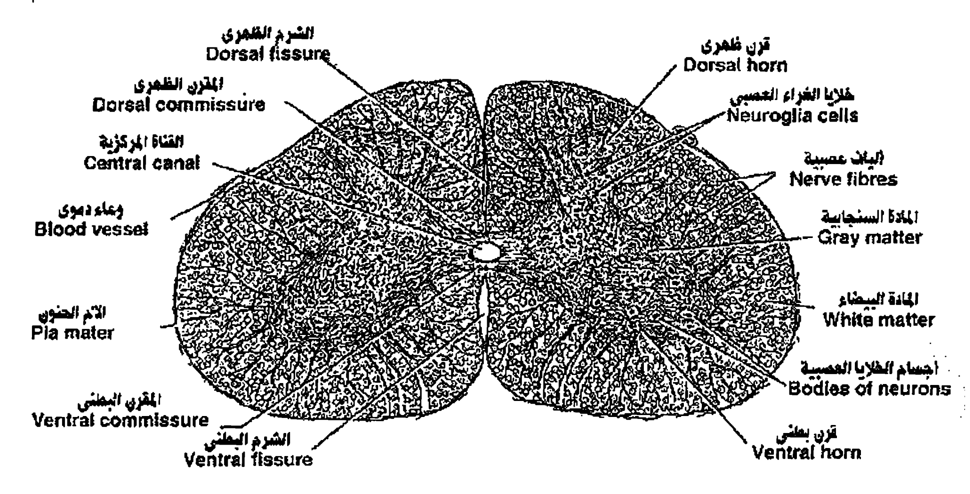
يحتل الحبل الشوكي القناة الشوكية أو الفقرية **vertebral canal**، أي يحميه العمود الفقري. وهو محاط بغلاف **meninx** أو أكثر من نسيج ضام وطبقة سميكة من نسيج دهني.

ويتسع الحبل الشوكي عند الأطراف مكونا بروزات عنقية وقطنية، وذلك بسبب وجود عدد كبير من الخلايا العصبية والألياف العصبية التي تغذى الأطراف.

الحبل الشوكي مفلطح في دائريات الفم وأسطواني في الفقاريات الأعلى. وتجويف الحبل الشوكي متسع نسبيا في الأنواع الدنيا عنه في الأنواع الأعلى التي يكون فيها التجويف ضيقا مكونا قناة مركزية ضيقة **central canal**.

القطاع العرضى فى الحبل الظهرى يوضح الأنوية مرتبة فى نموذج محدد، تحيط بالقناة المركزية، وهى تكون المادة السنجابية **gray matter** التى تتخذ عادة حرف **H** ذات قرنين ظهرى وبطنى على كل جانب وتتركز أجسام الخلايا العصبية فى أربعة أزواج من الأعمدة الطولية على جانبى القناة المركزية، وتلك الأعمدة هى من أعلى إلى أسفل عمود حسى بدنى يليه حسى حشوى ثم حركى حشوى يليه حركى بدنى، وتحتل الألياف العصبية الأجزاء المحيطة فى الحبل الشوكى وتكون مع النسيج العصبى الضام **neuroglia** المادة البيضاء **white matter** (شكل ٥-٨٥). الألياف الصاعدة والهابطة تتجمع فى قنوات ليفية **fiber tracts**، وتصل بين مستوى من الحبل مع آخر أو مع الدماغ. ألياف اللمس تكون قناة واحدة وألياف التحكم الإرادى الحركى تكون أخرى. . . وهكذا.

القنوات الليفية فى الحبل الشوكى قليلة نسبيا وبسيطة فى دائريات الفم. وهى تزداد فى العدد والتعقيد فى البرمائيات بسبب التغذية الإضافية لأطراف رباعيات القدم.



شكل (٥-٨٥) قطاع عرضى فى الحبل الشوكى للثدييات يوضح التركيب الداخلى العام

الجهاز العصبى الطرفى Peripheral nervous system

ويمثل الأعصاب والعقد العصبية.

أ-الأعصاب المخية: يوجد عشرة أزواج من الأعصاب المخية فى الأسماك والبرمائيات، واثنا عشر زوجا فى الرهليات. بالإضافة إلى عصب طرفى اكتشف فيما بعد فى بعض الفقاريات.

الأعصاب المخية مرتبة من الأمام إلى الخلف، وقد اصطلح قديما على أن تتخذ أرقاما رومانية. ولتبسيط فهم تلك الأعصاب، فسوف تقسم إلى ثلاث مجموعات: أعصاب حسية كلية purely sensory nerves (وهي الأعصاب رقم I، II، VIII)، وأعصاب حركية كلية purely motor nerves (وهي الأعصاب التي تغذي عضلات كرة العين رقم III، IV، VI)، وأعصاب مختلطة mixed nerves بها ألياف حسية وأخرى حركية (وهي الأعصاب رقم V، VII، IX، X). في الرهليات يحمل العصبان XI، XII ألياف حركية.

وفيما يلي جدول بتلك الأعصاب:

العصب الطرفي terminal nerve. العصب الشمي olfactory nerve I. العصب البصري optic nerve II.
العصب المحرك البصري oculomotor nerve III. العصب البكري trochlear nerve IV.
العصب التوأمي الثلاثي trigeminal nerve V.
العصب المبعد abducens nerve VI.
العصب الوجهي facial nerve VII.
العصب السمعي acoustic nerve VIII.
العصب اللساني البلعومي glossopharyngeal IX. العصب التجوال (الحائر) vagus nerve X.
العصب الشوكي المساعد spinal accessory nerve XI. العصب تحت اللساني hypoglossal nerve XII.

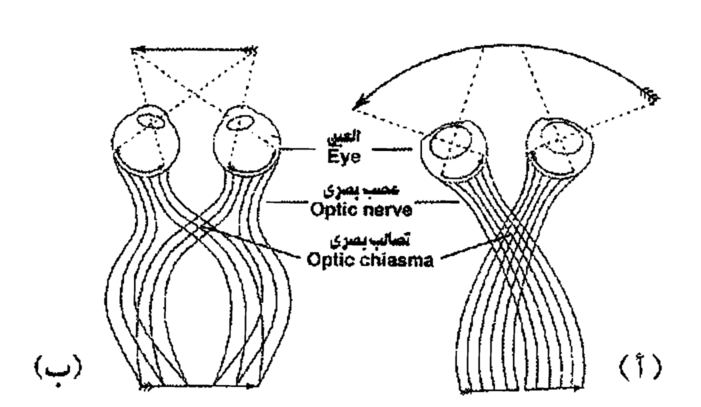
الأعصاب الحسية Sensory nerves

العصب الطرفي (O): يقع بجوار البصيلة الشمية والممر الشمي، ويوجد في بعض الأنواع من جميع الطوائف ماعدا دائريات الفم والطيور. ينشأ من السطح البطني من الدماغ الأمامي وهو يغذي طلائية الأكياس الأنفية.

العصب الشمى I: تقع خلاياه فى الطلائية الشمسية، يمتد منها زوائد تكون ألياف العصب التى تنتهى فى البصيلة الشمية. فى رباعيات القدم، التى بها عضو ميكعى أنفى **vomeronasal organ** وهو عضو شمى إضافى، فإن العصب الشمى يعطى فرعا مستقلا يسمى العصب الميكعى الأنفى.

العصب البصرى II: تقع خلايا هذا العصب فى شبكية العين. يخرج العصب من مؤخرة كرة العين بعد ما يخترق جميع طبقات العين، ويمتد حتى التصالب البصرى فى قاع تحت المهاد، وتتقاطع كل ألياف العصب فى التصالب لتدخل الجانب المضاد من المخ (شكل ٥-٨٦أ) وقليل من الألياف لا تتقاطع فى الضفادع والسحالى والثعابين وبعض الطيور. فى الرئيسيات، التى فيها الأعين متجهة نحو الأمام، تتصالب فقط الألياف القادمة من الجانب الأنفى للشبكية (شكل ٥-٨٦ب) وبقية الثدييات وسط بين الحالتين. تراكب المجال البصرى يحدث استقبالا للعمق وتسمى الرؤية مزدوجة الإبصار **binocular vision**.

العصب السمعى VIII: هذا العصب يغذى الأذن الداخلية، الجزء الخاص بحفظ التوازن والجزء الخاص بالسمع.



شكل (٥-٨٦) *التصالب البصرى فى:*
أ- الفقاريات غير الثديية. ب- الفقاريات الثديية. (الرئيسيات)

الأعصاب الحركية Motor nerves

وهى تغذى عضلات كرة العين:

العصب المحرك البصرى III: يغذى أربع عضلات من العضلات الستة لكرة العين.

العصب البكرى IV: يغذى العضلة المائلة العليا **superior oblique muscle**.

العصب المبعد VI: يغذى العضلة المستقيمة الخارجية **external rectus muscle**.

الأعصاب المختلطة Mixed nerves

العصب التوأمي الثلاثي V: يتفرع إلى ثلاثة أفرع. العصب يغذى أكتودرم الرأس بما فى ذلك الأسنان وجزء اللسان الأمامى والطلائية الأنفية، وكذلك يغذى عضلات الفكوك والعضلة المتصلة بالمطرقة فى الأذن الوسطى للثدييات.

العصب الوجهى VII: يغذى أعضاء الحس فى رأس الأسماك والبرمائيات المائية، وبراعم التذوق فى البلعوم وبراعم التذوق على السطح الخارجى لجسم الأسماك، وبراعم التذوق على الجزء الأمامى فى اللسان فى رباعيات القدم، والغدد اللعابية والغدة الدمعية والغشاء المخاطى للأنف. كما يغذى العصب عضلات القوس البلعومى الثانى وعضلات الركاب فى الثدييات.

العصب اللسانى البلعومى IX: يغذى الطلائية الأمامية والخلفية لخياشيم الغرفة الأولى، وبراعم التذوق فى الأسماك وبراعم التذوق على الجزء الخلفى من اللسان فى الثدييات، كما يغذى عضلات القوس الثالث.

ينشأ من العصب فرع الخط الجانبى **lateral line branch**، كما يغذى جزءا من قناة الخط الجانبى عند التقاء الرأس بالجذع.

العصب التجوال (الحائر) X: ينشأ بعدة جذور على جاب النخاع المستطيل. يغذى جدر الغرف الخيشومية، الأربعة الأولى فى القروش، ولذلك يعتبر العصب التنفسى الرئيسى فى الأسماك. كما يغذى الطلائية البلعومية. فى القروش يتفرع العصب إلى فرع جانبى **ramus lateralis** حسى لقناة الخط الجانبى حتى نهاية الذيل، وفرع حشوى **ramus visceralis** الذى يعطى أليافا حشوية صادرة للأحشاء عن طريق عقد فى الجهاز العصبى الذاتى **autonomic nervous system** فى الجذع، كما يوصل هذا الفرع الألياف الحشوية الواردة من تلك الأحشاء.

فى البرمائيات يفقد العصب الحائر تلك الوظائف الملائمة فقط لحياة الماء، وتبقى الأخرى، ففرع الخط الجانبى يختفى، والأفرع الحسية للغرف الخيشومية تختفى، ولذلك يتبقى أساسا الفرع الحشوى، الذى يواصل سيره ليغذى القلب والأحشاء السيلومية الأخرى بألياف واردة وصادرة.

العصبان XI,XII بالرهليات:

العصب المساعد الشوكي XI: فى الزواحف والطيور تنشأ جذوره من النخاع المستطيل خلف العصب الحائر مباشرة. فى الشدييات تضاف إليه جذور من الحبل الشوكى. العصب يغذى بعض عضلات البلعوم المخططة وعضلات الحنجرة وعضلات الرقبة.

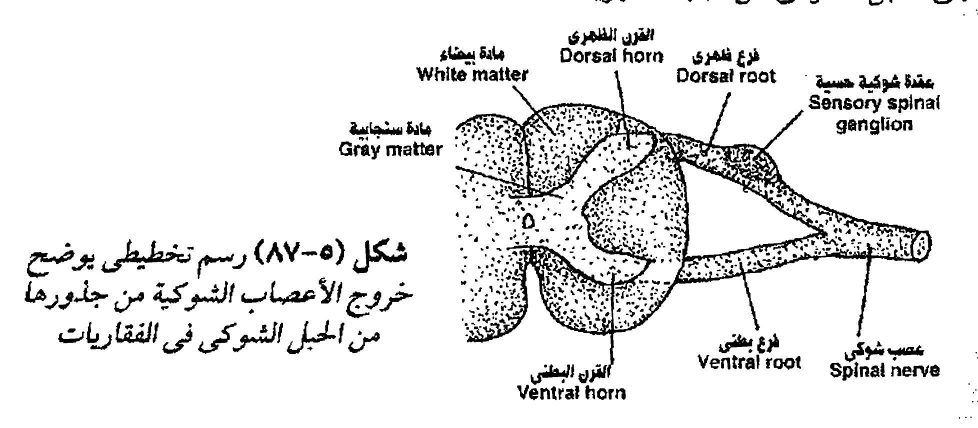
الجذور الشوكية فى الشدييات تتحد لتكون جذعا عاما يسمى الجذر الشوكى للعصب المساعد، يمتد أماماً بجوار الحبل الشوكى ويدخل تجويف الرأس عن طريق الثقب الكبير للجمجمة **foramen magnum**، حيث يتحد الفرع الشوكى مع الجذور الرئيسية لتكون العصب المساعد الشوكى. بعد الاتحاد قليلا، تتجه أفرع الجذور الدماغية لتلتحق بالعصب التجوال (الحائر) مكونة الفرع الداخلى. والألياف من الحبل الشوكى تصبح الفرع الخارجى، الذى يغادر فى الثدييات التجويف الرأسى عن طريق الثقب الوحشى مع العصبين X، IX.

العصب تحت اللسانى XII: يغذى عضلات اللسان والرقبة.

ب- الأعصاب الشوكية Spinal nerves

الجذور والعقد العصبية Roots & ganglia

فيما عدا دائريات الفم، فإن الأعصاب الشوكية لها جذر ظهرى وآخر بطنى، يتحدان فى الحال مكونين العصب الشوكى. الجذر الظهرى عادة حسى والبطنى حركى. على الجذر الظهرى توجد عقدة عصبية شوكية **spinal ganglion** (شكل ٥-٨٧)، عبارة عن تجمع لأجسام خلايا عصبية حسية، تمتد شجيراتها فى العصب وتدخل المحاور إلى الحبل الشوكى من الجهة الظهرية.



شكل (٥-٨٧) *رسم تخطيطى يوضح خروج الأعصاب الشوكية من جذورها من الحبل الشوكى فى الفقاريات*

يحتوى الجذر الظهرى على ألياف حشوية حركية بالإضافة إلى الألياف الحسية فى كثير من الأسماك العظمية، ولكن فى الغضروفية ورباعيات القدم فإن معظم الألياف الحركية الحشوية، لا توجد فى الجذر الظهرى. ويحمل الجذر البطنى جميع الألياف الحركية سواء بدنية أو حشوية التى توجد خلاياها بداخل الحبل الظهرى. الأعصاب الشوكية تنبثق من العمود الفقرى بعد اتحاد جذريها من الثقوب بين الفقرية **intervertebral foramina**.

الأفرع والضفائر العصبية Rami & Plexuses

بعد انبثاق كل عصب شوكى من القناة الفقرية مباشرة، ينقسم إلى فرعين، فرع ظهرى يغذى العضلات الظهرية والجلد، وفرع بطنى يمر فى جدار الجسم الجانبى ويغذى العضلات والجلد على الجانب البطنى الوسطى.

فى المنطقتين الصدرية والقطنية، تتصل الأعصاب الشوكية مع عقد الجذع السيمبتاوى عن طريق الأفرع الموصلة **rami commuicantes**، وهى تحمل أليافا حشوية. الأفرع البطنية للأعصاب الشوكية غالبا ما تتحد لتكون شبكة تنشأ منها جذوع عصبية كبيرة. الشبكات الرئيسية هى الضفيرتان الذراعية **brachial plexus** والحوضية (القطنية العجزية فى الثدييات **lumbo-sacral plexus**) تعطى أعصابا للأطراف الأمامية والخلفية. تتواجد الشبكات الذاتية على الممرات الحشوية.

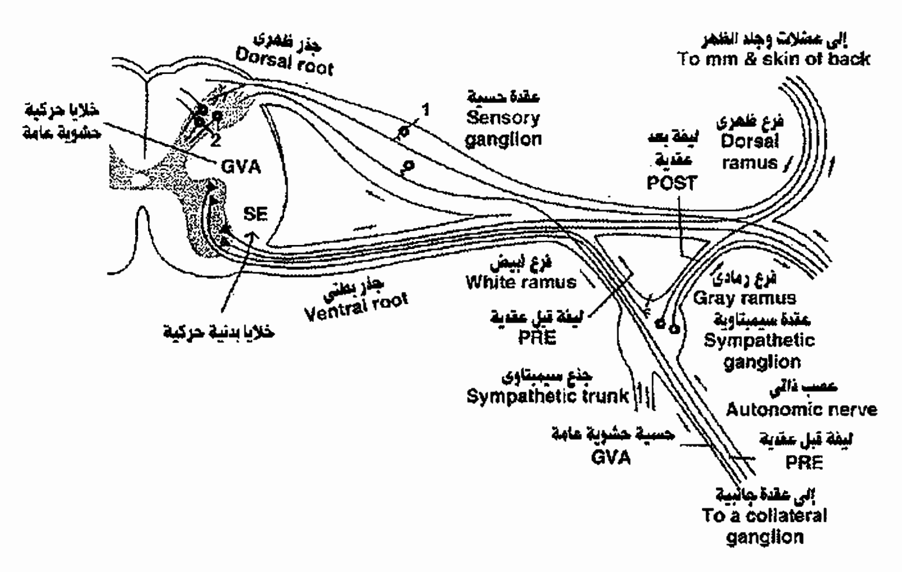
الجهاز العصبى الحشوى Visceral nervous system

ينقسم الجهاز العصبى الحشوى إلى جزءين رئيسيين: الجهاز العصبى الحشوى الحسى ويحمل الألياف الحسية أو الواردة **afferent** من الأحشاء إلى الجهاز العصبى المركزى، والجهاز العصبى الحشوى الذاتى ويحمل أليافا حركية أو صادرة **efferent** من الجهاز العصبى المركزى حتى الأعضاء الداخلية. وحيث إن الألياف الحسية تستخدم الممرات الذاتية فى الاتجاه نحو الجهاز العصبى المركزى؛ لذلك سوف نكتفى بشرح الجهاز العصبى الذاتى.

الجهاز العصبى الذاتى Autonomic nervous system

يغذى هذا الجهاز الغدد والعضلات الملساء **smooth mm** والقلبية **cardiac**. وحيث إن ألياف الجهاز العصبى الحشوى تخرج من الدماغ والحبل الشوكى عن طريق الأعصاب المخية والشوكية؛ لذلك لا يمكن وصف الجهاز بمعزل عن بقية الجهاز العصبى.

الجهاز العصبي الذاتي هو جهاز حركي **motor** يبدأ بخلايا عصبية في مراكز صادرة حشوية حركية. ويوجد نوعان من الخلايا العصبية، نوع يوجد في تلك المراكز ويرسل أليافه لتتشابك مع نوع ثان من الخلايا بداخل عقد **ganglia** عصبية ذاتية **autonomic** خارج الجهاز العصبي المركزي. تلك الخلايا ترسل أليافها إلى العضو المتأثر **effector** (ألياف عضلية ملساء أو قلبية أو غدد **glands**). النوع الأول من الألياف التي تكون قبل العقد تسمى أليافا قبل عقدية **preganglionic** وخلاياها بداخل الجهاز العصبي المركزي هي الخلايا العصبية قبل العقدية **preganglionic neurons**. والخلايا التي بداخل العقد تسمى خلايا بعد عقدية **postganglionic neurons**؛ لأنها ترسل أليافا بعد عقدية **postganglionic fibers** تغادر العقد إلى العضو المتأثر (شكل ٥-٨٨).



شكل (٥-٨٨) يوضح توزيع الألياف المختلفة الحسية والحركية، البدنية والحشوية، على الأفرع المختلفة للأعصاب الشوكية موضحة كيفية خروج الألياف السيمبتاوية من الحبل الشوكي (الألياف الحشوية حمراء والبدنية سوداء)

الجهاز العصبي الذاتي في الفقاريات العليا ينقسم إلى شقين رئيسيين: جهاز سيمبتاوي **sympathetic system** أو صدري قطني **thoraco-lumbar**، وجهاز جار سيمبتاوي **parasympathetic system** أو رأس عجزي **craniosacral system**. تخرج ألياف الجهاز الأول من الحبل الشوكي عن طريق معظم الأعصاب الشوكية بالجذع، وألياف الجهاز الثاني من الدماغ عن طريق الأعصاب المخية V (ماعدا في

مستديرات الفم)، XI، X، IX، VII فى رباعيات القـدم ومن الحبل الشوكى عن طريق الأعصاب الشـوكية العجـزية. معظم أعضاء الجـسم، ماعدا الجلد، تغذيهـا ألياف بعد عقدية مـن كلا الجهازين؛ ألياف أحـد الجهازين لها تـأثير حاث **stimulatory effect** والآخر تأثير مثبط **inhibitory effect**، كى يتم التوازن للعضو فى استجابة ملائمة.

أنواع عقد الجهاز الذاتى Types of autonomic ganglia

يوجد ثلاثة أنـواع من العقد الذاتيـة: جار فـقرية **paravertebral**، وجانبـية **collateral**، وطرفية **terminal**.

١- العقد جار الفقرية Paravertebral ganglia

تقع ملاصقة للعمود الفقرى. وتكون فى الأسماك العظمية وكل رباعيات القدم، متصلة مع بعضها بحـزم طولية من الألياف الذاتية لتكون سلسلة طولية **longitudinal chain** تسمى الجذع السيـمبتاوى **sympathetic trunk**. فى رباعيات القدم، يوجد عادة عقدة جار فـقرية لكل عصب شوكى ماعدا فى منطقة الرقبـة والعجز، يوجد عدد أقل فى الرقبة ولا شىء فى المنطقة العجزية. العقـد جار الفقرية فى الجذع تتصل بأقرب عـصب شوكى بواسطـة فرع اتصـال أبيض **white ramus communicans**، يوصل أليافا قبل عقدية من العصب الشوكى إلى العقدة. الألياف بعد العقدية ذات الأجسام فى العقدة جـار الفقرية تغذى أحشـاء الرأس والرقبة والسيلوم والمتـأثرات الحشوية فى الجلد التى تسـمى حركـية وعائـية **vasomotor**، وحركـية شـعرية **pilomotor**، وإفرازية **secretory**، وألياف حاملات اللون **chromatophores**. الألياف بعد العقدية، التى تذهب إلى الجلد تعـود إلى الحبل الشـوكى بواسطة فرع اتصـال رمادى **gray ramus communicans** أو فـرع مـرتد (عـائد) **recurrent** جلد دائريات الفم والأسـمـاك الغضروفية ليـست به تغذية ذاتية، ولا توجد أفرع رمادية. الفروع البـيضاء توصل أليافا حشوية واردة إلى الأعصاب الشوكية.

٢- العقد الجانبية Collateral ganglia

توجد بالرأس (فى الثـدييات: هدبية **ciliary**، وتحت فكية **submandibular**، وسقف حلقية وتدية: **sphenopalatine**، وأذنية **otic**)، وفى منطقة البطن عند قاعدة الأفرع الرئيسيـة للأبهر (بطنية **coeliac**، ومساريـقية **mesenteric** علوية **superior**، وسفلية **inferior**). وليست هذه العقد جـزءا من سلسلة سيمبتاوية. العقـد الجانبية فى الجذع تتسلم أليافا سـيمبتاوية قبل عقدية من الأعصاب الشوكـية عن طريق أعصاب ذاتية مثل العصب الحشوى **splanchnic**، تزود الأحشاء البطنية والحوضية بألياف بعد عقدية.

هناك حزم من الألياف بعد العقدية، بخروجها من العقد الجانبية ومن العقد السيمبتاوية فى الرقبة، غالبا ما تكون شبكات أو ضفائر ذاتية **autonomic plexuses** أكثر من الأعصاب. الشبكات تلاصق الطبقة الخارجية للأوعية الدموية القريبة وتلازم تلك الأوعية نحو العضو الذى تغذيه. مثلا الألياف من العقدة السيمبتاوية الرقبية العليا، التي توجد عند تفرع الشريان السباتى الخارجي والداخلى، تلازم الشريان السباتى الخارجي وفروعه إلى القزحية **iris** وإلى الغدد اللعابية (الضفيرة السباتية **carotid plexus**). والألياف بعد العقدية، التي تبدأ من العقدة البطنية **coeliac**، تلازم الشريان البطنى وفروعه إلى المعدة والطحال والبنكرياس والكبد والمثانة الصفراوية **gall bladder** (الضفيرة البطنية **celiac plexus**) وثمة ألياف ذاتية أيضا تكون ضفائر فى أماكن أخرى.

٣- العقد الطرفية Terminal ganglia

توجد فقط فى الجذع، وهى مدفونة فى جدر الأعضاء التى تغذيها مثل القلب والرئتين والمعدة والمثانة البولية، حيث تستقبل نهايات اتصال **synaptic** لألياف قبل عقدية من الجهاز جار السيمبتاوى عن طريق العصب الحائر **vagal** أو الأعصاب الشوكية العجزية **sacral spinal nerves** وأفرعها الحشوية. أجسام الخلايا فى هذه العقد ترسل أليافا بعد عقدية قصيرة جدا إلى الأعضاء المستهدفة (المعدة، المثانة البولية).

وهنا تجدر الإشارة إلى أن المادة الناقلة للإشارات العصبية **neurotransmitter** والتى تُفرز عند نهايات أعصاب الجهاز العصبى الجار سمبتاوى تكون أساساً الأستيل كولين **acetylcholine** أما المادة الكيميائية التى تُفرز من معظم نهايات الأعصاب السمبتاوية فهى النورأدرينالين **noradrenaline**. ومن ناحية أخرى نجد أن خلايا نخاع غدة الكظر تنشأ من الأعراف العصبية **neural crests** وتصلها ألياف قبل عقدية من الجهاز العصبى السمبتاوى. وينطلق من خلايا نخاع الغدة خليط من الأدرينالين (٨٠٪) والنورأدرينالين (٢٠٪) يسرى بواسطة تيار الدم.

وفى جميع الفقاريات، يعمل الجهاز العصبى الذاتى لا إراديا **involuntary**، أى أن الإشارات الحركية تنشأ انعكاسيا بواسطة إشارات حشوية واردة.

أعضاء الحس

SENSE ORGANS

أعـضاء الحس توصل المـؤثرات المختلفـة **stimuli** من الوسط الذى يعـيش فيـه الحيـوان إلى الجهـاز العصـبى المركزى، مـثل المؤثرات الميكانيكيـة والكهربيـة والحرارية والكيميائية والإشعاعية. تسـتقبل تلك المؤثرات أعضاء حس خاصة بها، وتوصلها على هيئة سيـال عصبى **impulse** وتسمى مسـتقبلات خـارجية **exteroceptors**، مكونة جهـازا عصـبيـا حـسـيا بدنـيا **somatic sensory**. كمـا توجد مـسـتـقبلات داخـلية **interoceptors** توصل الأحاسيس الداخليـة من الأعضاء المختلفة إلى الجهـاز العصبى المركزى، مكونة جهازا عصبـيا حسيا حشويا **visceral sensory nervous system**. يمكن تقسيم أعضـاء الحس إلى أعضاء عامة وأعضـاء خاصة. المستقبلات العـامة موزعة على سطح الجسم وبالداخل. وأعضـاء الحس الخاصة **special sensory organs** ذات توزيع محـدود. فهى عادة قاصـرة على منطقة الرأس ماعـدا فى الأسماك والبرمـائيات المائية. فـتنقسم كل من أعضاء الحـس العامة والخاصـة إلى أعضاء حس بدنية وأعـضاء حس حشوية. ورغم أن أعضـاء الحس على صلة وثيقة بالجهاز العصبى بل تُعـتبر جزءا منه، إلا أنه اتفق على دراستها منفصلة نظرا لأهميتها وتشعبها.

أعضاء الحس العامة General sense organs (شكل ٥-٨٩)

أ- مستقبلات الحس العامة البدنية General somatic receptors

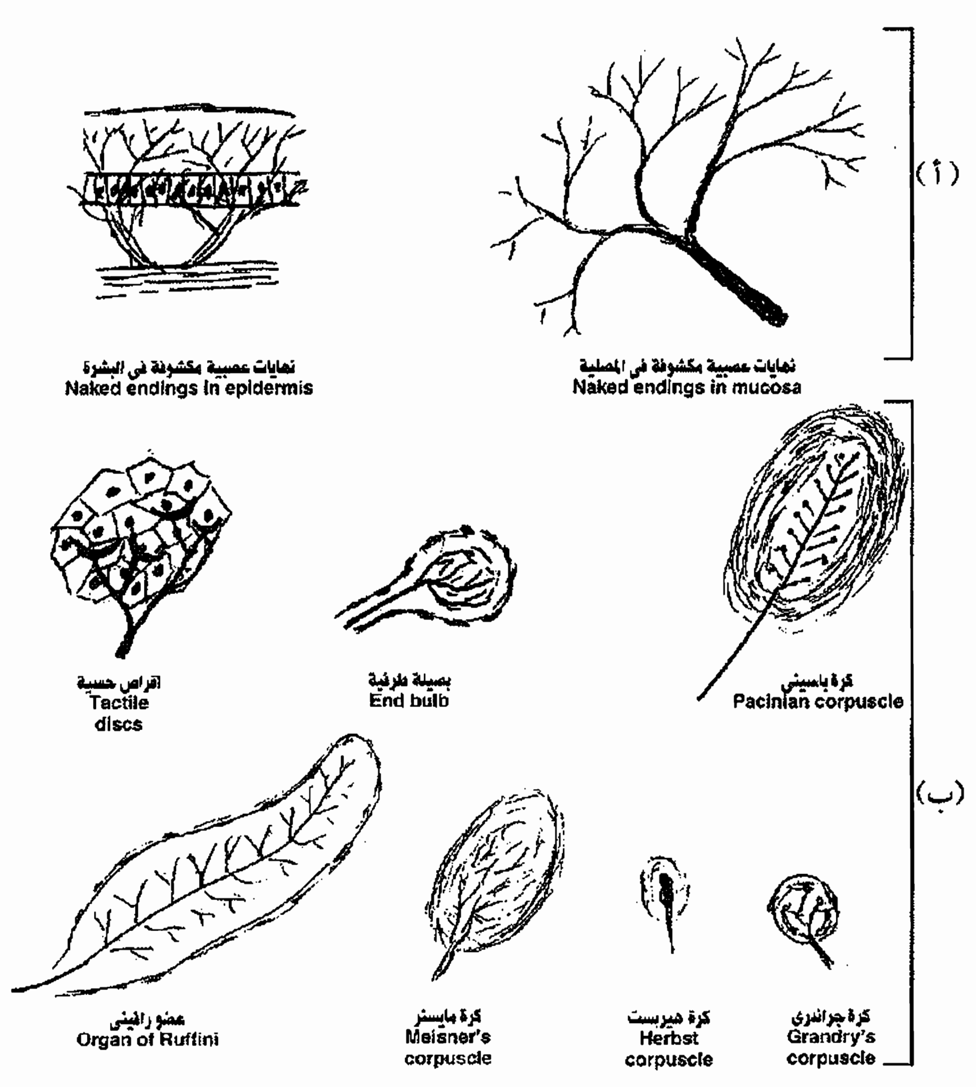
يوجد منهـا نوعان: مسـتقبـلات عامة جلدية للمس والألم والحـرارة والضغط، ومستقبلات ذاتية بالعضلات المخططة والمفاصل والأوتار.

١ - مستقبلات الحس العامة الجلدية General cutaneous receptors

نهايات عصبية مكشوفة (شكل ٥-٨٩أ)

يحتوى جلد جميع الفقاريات على نهايات ألياف عصبية حسية حرة، تتفرع ما بين خلايا البشرة وتتأثر باللمس. فى الثدييات تحاط بقواعد كـل شعرة نهايات عصبية حسية للمس، وتحديد مكان اللمس من اختصاص قشرة المخ.

للسحالى مـستقبـلات ميكانيكية وحرارية تفـتح نحو الخارج بين قشـور البشرة. وتختلف تلك الأعضاء مورفولوجيا ووظيفيا، الكثير منها يسمى نقر قمية **apical pits**، وهى موزعـة على الجسم فى مجـاميع من واحدة إلى سـبعة، وتقع على الحـواف الحرة للقشـور. فى بعض الأنواع، تبرز على السـطح شوكة خـيطية توصل إحـسـاس اللمس لخلية مستقبلة فى النقرة.



شكل (٥-٨٩) *يوضح بعض المستقبلات العامة، مكشوفة (أ) ومحوصلة (ب)، كلها بدنية ماعدا النهايات المكشوفة فى المصلية وأية كرات باسينى موجودة فى أماكن حشوية*

نهايات عصبية محوصلة Encapsulated nerve endings

بالإضافة إلى النهايات العصبية التى تتفرع فى البشرة، فإن لرباعيات القدم نهايات محوصلة بصيلية **bulbous encapsulated recep.**، وهى عبارة عن أطراف عصبية على صلة بخلايا شبه طلائية بداخل حوصلة من نسيج ضام. أبسط أنواع تلك النهايات

هى أقراص اللمس **tactile discs**، التى تتكون من نهاية عصبية فى البشرة على ارتباط وثيق بخلية طلائية متخصصة، وهى عديدة فى بوز الخنزير وتسمى كرات ميركل **Merkel's corpuscles**، وهى حساسة جدا للمس. وتوجد أقراص مماثلة على اتصال بشوارب الجرذان، كما توجد كرات جراندرى **Grandry's corpuscles** على امتداد حواف منقار كثير من طيور الشاطئ وطيور المياه العذبة، وتتكون من نهاية عصبية وخليتين طلائيتين تحاط بمحفظة رقيقة. كرات هيربست **corpuscles of Herbst** على المنقار واللسان وسقف الحلق فى الطيور المائية، ولها محفظة من نسيج ضام ولب من خلايا شبه طلائية.

بصيلات كروس **endbulbs of Krause** وأعضاء رافينى **organs of Ruffini** فى الثدييات قد تكون مستقبلات حرارية. كرات مايسنر **Meissner's corpuscles** التى توجد فى الرئيسيات فقط وخصوصا فى المناطق الخالية من الشعر مثل أصابع القدم وكفوفها وكفوف اليد وبصفة خاصة أطراف الأصابع، ربما تكون مستقبلات لمس.

كرات باسينى **Pacinian corpuscles**، وهى أكبر المستقبلات الحويصلية توجد عميقا فى الأدمة أو النسيج الضام تحت البشرة، حتى تتأثر بالضغط. توجد تلك الكرات أيضا فى المساريقا السيلومية وفى النسيج الضام لبعض الأحشاء، وفى الغشاء البريتونى بما فيه الغشاء حول القلب حتى تعمل كمستقبلات حشوية. الثدييات بها كرات تناسلية **genital corpuscles** على الأعضاء التناسلية الخارجية.

نهايات المستقبلات الخارجية المحوصلة فى الثدييات، تستخدم فى أحاسيس معينة، مثل التمييز بين الفروق البسيطة فى دفء أو برودة الأجسام، وتمييز اللمس **texture**، الإحساس بنقطتين على سطح الجلد كموضعين منفصلين، تكونان قريبتين جدا من بعضهما، وتُلمسان فى نفس الوقت، والتمكن من معرفة شكل ووزن الأشياء نتيجة الإمساك بها. يصل السيال العصبى إلى منطقة المهاد **thalamus** ومنه للقشرة الحسية البدنية لدماغ الثدييات.

٢-مستقبلات الحس العامة الذاتية Proprioceptors

هى نهايات عصبية تأتى من العضلات الهيكلية وأوتارها والمفاصل، موصلة السيال العصبى عن الوضع النشاطى للعضلات والمفاصل إلى الجهاز العصبى المركزى.

تلك المستقبلات حساسة للغاية للتغيرات الصغيرة جدا فى طول العضلة، وعلى ذلك أحيانا تسمى مستقبلات الشد **stretch receptors**.

النهايات العصبية الذاتية على الأوتار تستجيب للقوى التى تتولد فى الوتر **tendon** حينما تنقبض عضلة ما.

معظم المؤثرات الذاتية لا تصل إلى مراكز الوعى، ولكن تنتهى فى المخيخ حتى تعمل اتصالات انعكاسية.

ب-مستقبلات الحس العامة الحشوية General visceral receptors

غالبا ما تكون نهايات عارية فى مخاطية **mucosa** الأنابيب والأوعية والأعضاء بالجسم، وفى عضلات القلب والعضلات الملساء. وتشمل تلك التى فى الأوعية الدموية وفى المحافظ والمساريقا وأغلفة الأحشاء.

المستقبلات العامة الحشوية تكون أساسا مستقبلات مد ومستقبلات كيميائية **chemoreceptors**، ولكنها تشكل بعض مستقبلات الضغط **barorecep.** المستقبلات الكيميائية تسجل تركيز أيون الأيدروچين (**pH**) بالدم الذى يؤثر فى الوظائف القلبية التنفسية، وتسجل تركيز أيون الأيدروچين فى محتويات المعدة وأول الأمعاء الذى يؤثر فى الوظائف الهضمية. ومستقبلات الضغط تسجل ضغط الدم.

المستقبلات العامة الحشوية تُحث بواسطة مؤثرات لمس وحرارة فى البلعوم ولكن ليس فى مناطق بعده.

يوجد فى رباعيات القدم ثلاثة أنواع من المستقبلات الوعائية، وهى الأجسام السباتية **carotid bodies**، والجيوب السباتية **carotid sinuses**، والجسم الأبهرى **aortic body**. الجسم السباتى يقع ملاصقا لجدار الشريان السباتى العام أو الشريان السباتى الداخلى أو مدفونا فيه، الذى يتسلم منه إمداده الدموى. الجسم السباتى مزود بنهايات حسية كثيرة من العصب المخى التاسع التى تسجل محتوى الأكسچين وربما ثانى أكسيد الكربون فى الدم الذى يمر بداخل العضو. الاختناق **enoxia** يسبب سيالات حسية تزيد معدل التنفس انعكاسيًا.

الجيب السباتى عبارة عن اتساع بصيلى على الشريان السباتى الداخلى عند نشأته من السباتى العام. إنه مستقبل للضغط فيسجل ضغط الدم الشريانى.

الضغط المنخفض يسبب سيالات حسية تزود بمعلومات مركز التنظيم القلبى الوعائى **cardio-vascular** فى النخاع المستطيل من الدماغ. الجيب يغذيه العصب الرأسى التاسع، وكذلك يتسلم أليافا من العصب الحائر وأليافا سيمبتاوية. الجسم الأبهرى موجود فى الثدييات فقط فوق القوس الأبهرى **aortic arch**. إنه مستقبل للضغط، مزود بألياف حسية من العصب الحائر.

معظم المعلومات الحسية القادمة من المستقبلات الحشوية العامة، لا تعطى إحساسا واعيا، ولكنها تعطى تنظيما انعكاسيا للعضلات الملساء والقلبية والغدد.

أعضاء الحس الخاصة Special sense organs

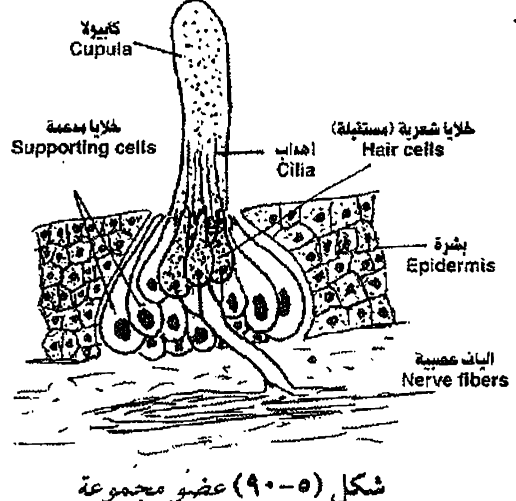
كما أشرنا من قبل فإن تلك الأعضاء عادة تنحصر فى منطقة الرأس، ماعدا فى الأسماك والبرمائيات المائية.

فى الرأس توجد أعضاء حس خاصة شمية وبصرية وسمعية ممثلة فى ثلاثة أزواج من تلك الأعضاء. وسوف نقسم هنا أعضاء الحس الخاصة إلى مستقبلات خاصة بدنية ومستقبلات خاصة حشوية.

أ-المستقبلات الخاصة البدنية Special somatic receptors

١ - أعضاء المجاميع العصبية Neuromast organs

هى مستقبلات فى جلد الأسماك والبرمائيات المائية، وفى التيه الغشائى من الأذن الداخلية. تتركب المجموعة العصبية من خلايا شعرية ذات أهداب مدفونة فى محفظة جيلاتينية تسمى محفظة القمة أو محفظة كأسية **cupula** (شكل ٥-٩٠) وخلايا مدعمة **supporting (=sustentacular)**، ونهايات عصبية حسية. وتوجد تلك المجاميع العصبية فى مجموعات يختلف عددها حسب موقعها وحسب نوع السمكة. وتسجل تلك الأعضاء أساسا المؤثرات الميكانيكية فى الماء المحيط، رغم أن بعضها يعمل أيضا كمستقبلات كهربية وحرارية أو كيميائية.



شكل (٥-٩٠) عضو مجموعة عصبية: neuromast organ فى بشرة برمائيات مائية

أبسط أنواع المجاميع العصبية تقع فى نقر بسيطة أو ميازيب فى البشرة، حيث تبرز القمة الجيلاتينية مباشرة فى المياه المحيطة. تلك المجاميع العصبية الخارجية مميزة فى دائريات الفم، ويرقات البرمائيات الذيلية المائية.

فى الأسماك الفكية: تقع بعض المجاميع العصبية فى نقر ممتلئة بسائل وقد غطست أسفل البشرة، ولكنها تظل تفتح على السطح. وتوجد أعضاء

مجـاميع عصبيـة فقاعـية **ampullary neuromasts** مكونة من مجـاميع عصبـية فى فقاعات أسفل الجلد، لها قـنوات طويلة، تؤدى إلى فتحة على السطح. من ذلك توجد فقاعات لورنزينى **ampullae of Lorenzini** فى كثير من الأسـماك. بعض الأسماك بها ٣٧٠٠ فقاعة فى الرأس فقط.

أوضح جهاز مجـاميع عصبية هو جـهاز قناة الخط الجانبى **lateral line canal system** للأسمـاك والبرمـائيات المائيـة والجزء الرأسى منه، وهو جـهاز القناة الرأسـية **cephalic canal s.** فى معظم جهاز الخط الجانبى توجد المجـاميع العصبية داخل قناة الخط الجانبى فى الأوعية تحت البشرة على جانبى جـسم السمكة وتفتح كل قناة بفتحات صغيرة على السطح.

أجهزة قنوات المجـاميع العصبيـة تستجيب إلى المؤثرات الميكانيكية مـثل موجات الضغط ذات التردد المنخـفض فى الماء، والتيارات المائية. وبعض الأجزاء تسـتجيب إلى الجهد الكهربى المنخفض فى بعض الأسمـاك، والأخرى تستجيب إلى مؤثرات حرارية. الاستقبال الكهربى قد اتضح أيضا فى فقاعات لورنزينى فى بعض الأسماك.

٢-الأذن **Ear**

أعضاء المجاميع العصبية توجد فى الأذن الداخلية (التيه الغشائى) بين الفقاريات. الأذن فى الفقـاريات تتكون من ثلاثة أجزاء أساسـية: أذن داخلية وتوجد فى الأسـماك ورباعـيات القدم وأذن وسـطى يبدأ ظهـورها فى رباعيـات القدم، وأذن خـارجية يـبدأ ظهورها فى الزواحف ولكنها تكون أكثر تطورا فى الثدييات.

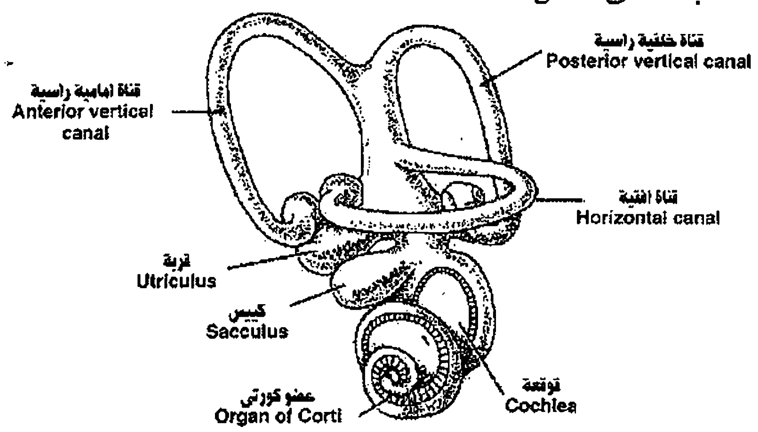
أ-الأذن الداخلية **Inner ear**

تتكون الأذن الداخلية من التيه الغشائى **membranous labyrinth**، يأويه التيه العظمى **bony labyrinth** الذى يمثل النتـوءات والانخـفـاضات مـن السطح الداخلى للمـحفظة الأذنيـة، تلائم أجزاء التـيه الغشـائى. ويفصـلهما تجـويف الليمـف الحولى **perilymphatic space** ممتلئ بالسائل الليمـفاوى الحولى **perilymph** وتوجد حزم من نسيج ضام تخترق تلك المسافة توازن التيه الغشائى وتثبته.

التيه الغشائى **Membranous labyrinth**

يتركب من أكياس وقنوات غشـائية، كيس علوى يسمى القربة **utriculus** يفتح فى آخر سفلى يسمى كييس **sacculus** (شكل ٥-٩١). فى القربة من أعلى تفتح ثلاث قنوات (اثنتان أو واحـدة فقط فى دائريات الفم). وفى الكيـيس من أسفل يفـتح جيب

يسمى قنينة الأذن **lagena**، يختلف فى الطول بين الفـقاريات حتى يصل فى الثـدييات إلى أنبوبة طويلة ملتفة حول نفسها مكونة القوقعة **cochlea**، التيه الغشائى ممتلئ بسائل الليـمف الداخلى **endolymph**. وتوجـد به أعضـاء حسـية (مـجاميع عـصبية **neuromasts**) بعضها خاص بحفظ التوازن حيث إنها تسجل الذبذبات التى تأتى إلى الليـمف الداخلى عن طريق الليمف الحـولى، وبعضـها فى الـكييس خـاص بتسجيل الذبذبات الصوتـية التى تتخـذ نفس الطريق ويغذى هذين النوعين من السيال العـصبى فرعا العصب الأذنى الثامن.



شكل (٥-٩١) *التيه الغشائى* **(membranous labyrinth)** *فى الإنسان*

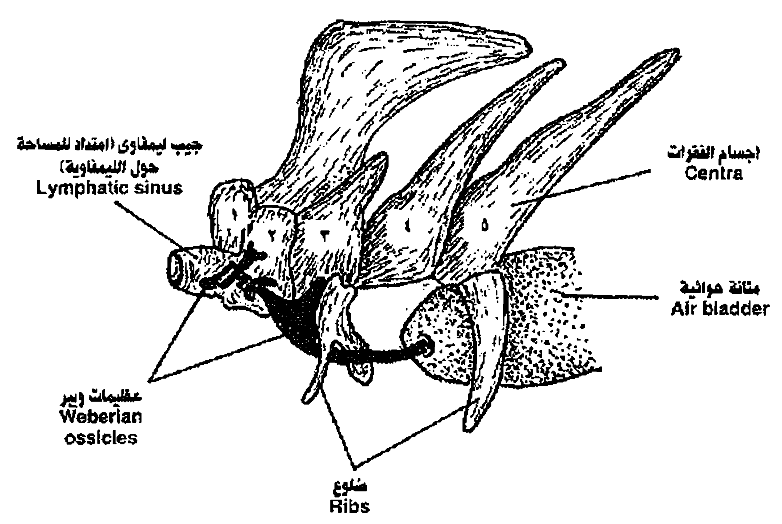
القنـوات التى تفـتح فـى القـربة تسـمى قـنوات هلاليـة أو نصـف دائرية **semicircular canals** وفى قواعـدها عند فتـحهـا فى القربة تتـسع لتكون فقـاعات **ampullae**. والقنوات عبـارة عن قناة أفقية خـارجية وقناتين رأسيـتين أمامية وخلـفية بينهـما زاوية قائـمة، أى أن القنوات عـمودية **perpendicular** مع بعضهـا البعض، وبذلك تغطى أماكن تواجد الجسم فى الفضاء.

كما ذكر من قبل فإن التيه الغشائى يقوم بوظيفتين: وظيفة حفظ التوازن التى تقوم بها القربة والكييس والقنوات الهلالية، ووظيفة السمع التى يقوم بها الكييس، وذلك عن طريق ما تحويه تلك المناطق من مجاميع عصبية.

وظيفة حفظ التوازن فى التيه الغشائى

الكييس والقربة والقنوات الهلالية تسجل مكان الرأس فى الفراغ سواء عند الراحة أو فى الحركة. المعلومات من تلك الأعضاء تستخدم انعكاسيا بواسطة العضلات الهيكلية للمحافظة على قوام الجسم (اعتداله) **posture**.

فى كثير من الأسماك العظمية فى الماء العذب بما فيها الأسماك القطية **catfishes** والمبروك، تسبب الموجات الصوتية فى الماء موجات ذات تردد مماثل فى غاز المثانة الهوائية، وتلك تنتقل إلى التيه الغشائى بواسطة عظيمات ويبر (أوفيير) **Weberian ossicles**، وتلك عبارة عن سلسلة من زوائد عرضية متحورة للثلاث فقرات الجذعية الأولى (قد تكون أربعة أو خمسة) التى تمتد بين المثانة وجيب يمثل امتدادا لمسافة الليمف الحولى (شكل ٥-٩٢). تلك الأسماك تسمع، غير أن الطريقة التى تصل بها الذبذبات إلى التيه الغشائى تختلف عن أسلوب سريان الذبذبات الهوائية فى البرمائيات عن طريق الأذن الوسطى.

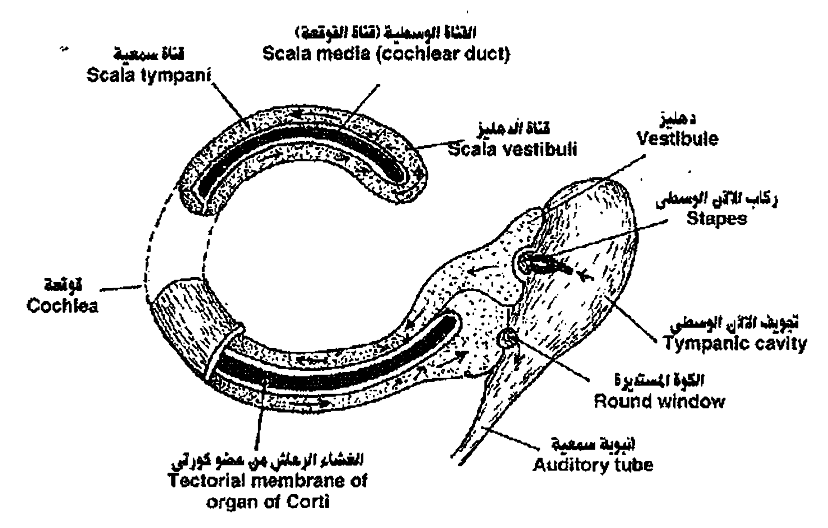


شكل (٥-٩٢) *رسم تخطيطى يوضح عظيمات ويبر واتصالها بالمثانة فى الأسماك القطية* **catfishes**

فى بعض الأسماك العظمية، يوجد امتداد أمامى من المثانة يلاصق التيه الغشائى مباشرة.

فى رباعيات القدم، يبدأ تكون اللاجينا **lagena** فى البرمائيات، وتلك تستطيل فى الزواحف، وتستطيل أكثر فى التماسيح والطيور والثدييات الأولية مكونة أنبوبة طويلة يتكون فيها عضو كورتى **organ of Corti**. فى الثدييات المشيمية تستطيل القوقعة أكثر وتلتف حلزونيا حول عمود حلزونى من عظام التيه العظمى. وتقع بداخل القناة القوقعية العقدة العصبية الحلزونية **spiral ganglion** لعصب القوقعة **cochlear nerve**. قناة القوقعة الوسطى التى تسمى القناة الوسطية **scala media** يتبعها مسافات

حول ليمفاوية وهي قناة الدهليز **scala vestibuli** والقناة السمعية **scala tympani** (شكل ٥-٩٣)، وتكون القنوات الثلاثة القوقعة. قناة الدهليز تبدأ من الدهليز وهو جزء من التجويف الحول ليمفاوى حيث تدخل الموجات الصوتية إلى القوقعة خلال غشاء مشدود فوق الكوة البيضية **oval window (fenestra ovalis)** في المحفظة الأذنية. قناة الدهليز تلتف حلزونيا حتى قمة القوقعة، حيث تتصل بالقناة السمعية عن طريق فتحة صغيرة. تلك القناة تمتد أيضا حلزونيا وتنتهى عند الغشاء السمعي الثاني الذى يمتد فوق كوة مستديرة **round window (fenes. rotunda)**.

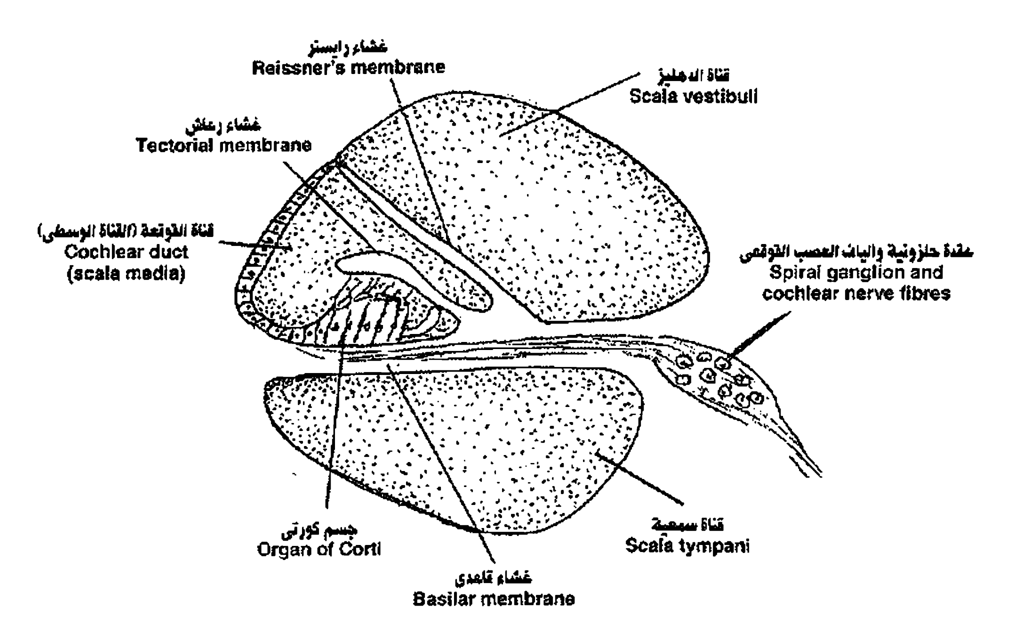


شكل (٥-٩٣) *يوضح ممر الموجات الصوتية من الأذن الوسطى خلال القناة السمعية والعودة إلى الأذن الوسطى عند الكوة المستديرة*

عضو كورتى فى الثدييات طويل يمثل مكانا لمستقبلات المجموعات العصبية **neuromasts** فوق غشاء قاعدى **basilar membrane** يفصل التجويف الوسطى عن التجويف السمعي.

فوق عضو كورتى يمتد غشاء رعاش **tectoreal membrane**، يتصل بالجدار الداخلى لقناة القوقعة. أطراف الخلايا الشعرية **hair cells** من جسم كورتى مدفونة فى الغشاء الرعاش. يوجد غشاء رايسنر **Reissner's membrane** يفصل التجويف الوسطى عن التجويف الدهليزى، وهو عبارة عن صفيحة رفيعة من خلايا طلائية (شكل ٥- ٩٤).

الموجات الصوتية التى تحدث فى الليمف الحولى للدهليز نتيجة اهتزازات قاعدة الركاب (من الأذن الوسطى) تنتقل خلال التجويف الدهليزى على امتداد التجويف



شكل (٥-٩٤) *رسم تخطيطى لقطاع عرضى رأسى فى لفة واحدة من قوقعة حيوان ثديى، موضحة القنوات وجسم كورتى*

السمعى، ثم إلى الليمف الداخلى للتجويف الوسطى عن طريق غشاء ريسنر والقاعدى على كل مستويات الحلزون، يتردد عضو كورتى نحو الغشاء الرعاش بنفس التردد للموجات فى الليمف الداخلى. التأثير الميكانيكى على الخلايا الشعرية يحدث سيالات عصبية فى الألياف الحسية التى تغذى عضو كورتى. أوضحت التجارب أن الخلايا الشعرية فى أول الحلزون تستجيب للذبذبات ذات التردد الأعلى. وتلك عند قمة التجويف الوسطى تستجيب فقط للترددات المنخفضة، وللخلايا بين المنطقتين استجابات متدرجة. التموجات فى الليمف الحولى تزاح فى الحال فى تجويف الأذن الوسطى عند الكوة المستديرة. الكوتان البيضية والمستديرة توجدان فى رباعيات القدم الدنيا والثدييات فى محافظها السمعية.

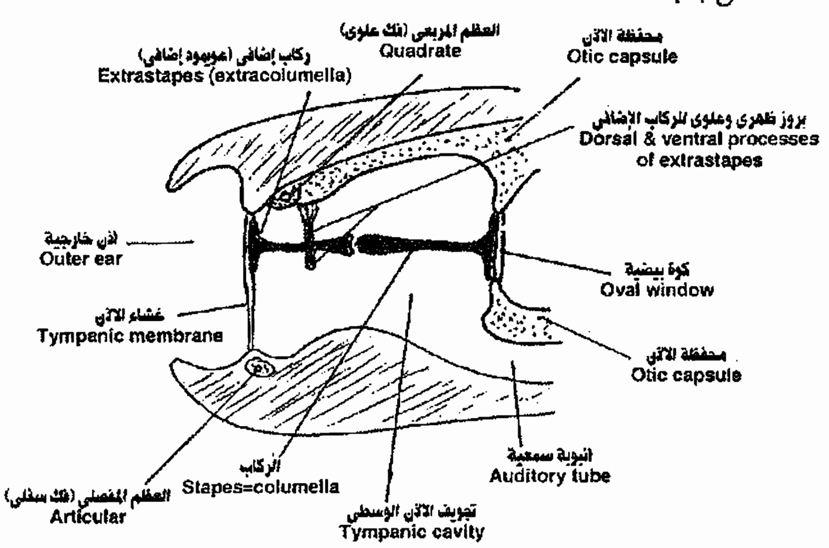
مع امتداد عضو السمع لتكوين عضو كورتى، فإن أنوية التبديل (النقل) **relay nuclei** فى ممراتّ الصوت فى الدماغ تصبح أكبر. فى الزواحف لأول مرة، نجد أن أنوية السمع فى سقف الدماغ الأوسط تجحظ فوق السطح لتصبح الفصوص السمعية. ويوجد تميز لمناطق السمع فى قشرة الفصوص الصدغية **temporal lobes** من النصفين الكرويين كمراكز عليا للسمع.

ب- الأذن الوسطى Middle ear

لا توجد أذن وسطى فى الأسماك. فى حالة رباعيات القدم يبدأ ظهور الأذن الوسطى. خارج المحفظة السمعية، يوجد تجويف الأذن الوسطى **middle ear cavity** **(cavum tympani)**، يمتد فوق التجويف عند الخارج غشاء طبلة الأذن أو الغشاء السمعى **eardrum (tympanic membrane)** (شكل ٥-٩٥).

وجهة الداخل للتجويف، توجد الكوة البيضية **fenestra ovalis** التى يمتد عليها غشاء السمع الثانوى. يمتد بين الغشاء السمعى وغشاء الكوة العويمود السمعى **columella auris** فى رباعيات القدم الدنيا، الذى يوصل ذبذبات الصوت المحمول جوا من الغشاء السمعى إلى غشاء الكوة البيضية نحو الليمف الحولى للأذن الداخلية، ويعرف العويمود السمعى بالركاب **stapes**.

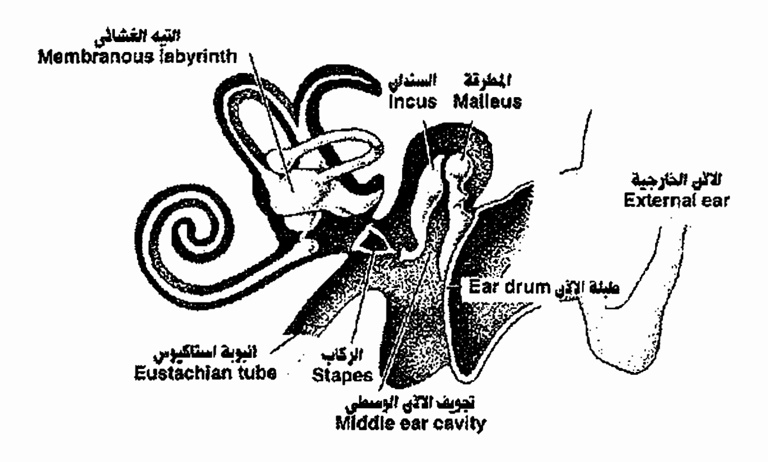
فى الزواحف والطيور يتكون العويمود السمعى من جزءين، ركاب عظمى **bony stapes** متصل بغشاء الكوة البيضية وركاب إضافى غضروفى **cartilaginous extra-stapes** متصل بطبلة الأذن.



شكل (٥-٩٥) رسم تخطيطى يبين الركاب المركب (العويمود المركب) فى السحالى فى قطاع عرضى بالأذن الوسطى

فى حالة الثدييات، توجد عظمتان أخريان هما السندان **incus** تنشأ من العظم المربعى للفك العلوى **quadrate**، والمطرقة **malleus** من العظم المفصلى للفك السفلى

articular. تلك العظام تكون عظيمات الأذن الوسطى **middle ear ossicles** (شكل ٥-٩٦). مساحة طبلة الأذن فى جميع رباعيات القدم تقترب من عشرين مثلا من تلك للغشاء الثانوى عند الكوة البيضية؛ ولذلك فإن المؤثرات التموجية القادمة إلى طبلة الأذن تتضخم **amplified** عدة مرات عند توزيعها إلى دهليز القوقعة، ويزداد التأثير بفعل الاتصالات غير المستقيمة بين عظيمات الأذن الوسطى للثدييات.



شكل (٥-٩٦) *رسم تخطيطى يوضح تركيب الأذن الوسطى والأذن الخارجية بين الثدييات (قطاع عرضى)*

تجويف الأذن الوسطى يتصل بالبلعوم عن طريق أنبوبة سمعية **auditory tube** أو أنبوبة استاكيوس **eustachian tube**، لمعادلة ضغط الهواء على جانبى طبلة الأذن. تفتح تلك الأنبوبة فوق سطح الحلق الثانوى فى حالة التماسيح والطيور والثدييات، وتبقى الأنبوبة مغلقة من فتحتها الداخلية فيما عدا أثناء البلع.

جـ-الأذن الخارجية Outer ear

توجد الأذن الخارجية فى الرهليات. فى حالة البرمائيات والسلاحف والسحالى الأولية، تقع طبلة الأذن على سطح الرأس مباشرة ولا توجد لها أذن خارجية. يبدأ ظهور الأذن الخارجية فى السحالى الأكثر تخصصا والتماسيح، والطيور والثدييات، حيث تقع طبلة الأذن فى نهاية قناة الأذن الخارجية **external auditory meatus** التى قد تكون قصيرة أو طويلة، ولها مدخل على جانبى الرأس خلف زاوية الفكوك. فى الثدييات المشيمية الأرضية، يوجد صوان الأذن **auricle = ear pinna** الذى يجمع الموجات الصوتية من الهواء ويوجهها داخل قناة الأذن الخارجية. الثدييات المائية، مثل الحيتان، لها صوان صغير جدا أو بدونه كلية.

٣-الكييس الدموى Succus vasculosus

كيس رقيق الجدر معلق فى قاع الدماغ البينى خلف الغدة النخامية مباشرة، فى الأسماك الفكية بدون الرئوية. وهو عبارة عن امتداد بطنى للبطين الثالث. وهو غنى بالشعيرات الدموية. وفى بعض الأسماك، يمتد أكثر نحو الخلف أسفل معظم جذع الدماغ. وهو مبطن بخلايا شعرية محاطة بخلايا حماية، ومزود بألياف عصبية حسية تمر نحو المهاد ومراكز أخرى به. أهداب الخلايا الشعرية تمتد فى السائل المخى الشوكى. وظيفة هذا العضو قد تكون تسجيل ضغط هذا السائل الذى يختلف باختلاف عمق السمكة، والمعلومات من هذا العضو قد تستخدم فى حالة الأسماك العظمية لتنظيم حجم الغاز فى المثانة الهوائية وبالتالى تنظيم طفوية السمكة **buoyancy** عند أعماق معينة، ولكن الأسماك الغضروفية تفتقر إلى هذا العضو. ويكون هذا الكيس أكبر ما يكون فى أسماك البحار العميقة، وصغيرا فى أسماك المياه العذبة، وضامرا فى دائريات الفم وغائبا فى الأسماك الرئوية.

٤- مستقبلات الضوء Light receptors

فى كثير من الفقاريات ذات الدم البارد، توجد مجموعتان من مستقبلات الضوء، الأعين الجانبية والأعين الوسطية. فى الأعين الجانبية ينعكس الضوء الساقط على طلائية مستقبلات ضوئية (الشبكية **retina**)، وتترجم الصورة فى الدماغ عن طريق العصب البصرى.

الأعين الوسطية لا تكون صورة، ولكنها تبين كثافة الضوء.

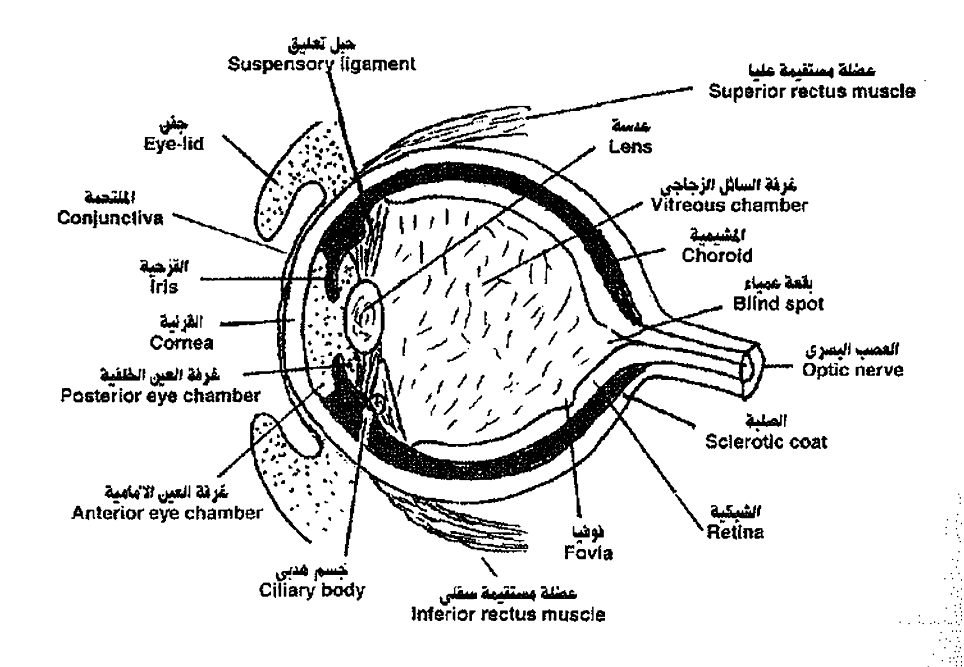
الأعين الجانبية Lateral eyes

على كل جانب من الرأس، توجد عين جانبية. وهى عبارة عن كرة العين **eyeball** يأويها حجاج العين أو محجر العين **eye orbit**، وتحركها ست عضلات فى اتجاهات مختلفة. معظم تجويف العين يمتلئ بسائل لزج يسمى السائل أو الجسم الزجاجى **vitreous humor**.

تتكون كرة العين من جزءين أساسين، العدسة نحو الخارج والشبكية خلفها، بالإضافة إلى أجزاء إضافية لها أهميتها (شكل ٥- ٩٧) العدسة شفافة لتسمح بمرور الضوء خلالها وتعكسه على الشبكية، وهى معلقة فى الشبكية بالجسم الهدبى **ciliary body** الذى هو عبارة عن نسيج ضام وعضلات ملساء وطلائية. الشبكية تمتد أساما لتكون القزحة **iris** فوق العدسة وهى ملونة دائما. خارج الشبكية، توجد طبقتان تغلفان

كرة العين، المشيمية **choroid** وهى داكنة ومزودة بأوعية دموية لتغذية العين. يلى المشيمية آخر غلاف لكرة العين وهى الصلبة **sclera** التى تمتد أماما فوق العدسة كغشاء رقيق شفاف يسمح بمرور الضوء فى العدسة، ذلك غشاء القرنية **cornea**. أمام العدسة توجد غرفتا العين وهما غرفة العين الأمامية **anterior eye chamber** بين القزحية والقرنية وغرفة العين الخلفية بين القزحية والعدسة. وكلاهما تمتلئ بسائل مائى رقيق يسمى السائل المائى **liquor humor**. القزحية عبارة عن حجاب يمتد فوق العدسة تاركا فتحة مركزية تسمى إنسان العين أو حدقة العين **eye pupil**، تضيق أو تتسع حسب كثافة الضوء الساقط، وذلك عن طريق انقباض ألياف عضلية ملساء عادة، دائرية وإشعاعية **circular & radial muscles**. والقزحية دائما ملونة. أما الصلبة فهى بيضاء عبارة عن نسيج ضام ليفى فى الثدييات، وهى مزودة بقطع غضروفية أو عظمية فى الأسماك والزواحف والطيور.

يخرج من الشبكية خلف كرة العين ألياف العصب البصرى **optic nerve**، التى تخترق جميع طبقات كرة العين فى بقعة عمياء **blind spot** لخلوها من خلايا الشبكية. تمتد ألياف العصب البصرى نحو قاع الدماغ البينى (المهاد)، حيث تدخله بعد تقاطعها فى تصالب بصرى **optic chiasma** كما ذُكر من قبل.



شكل (٥-٩٧) قطاع سمتى فى عين الفقاريات موضحا التركيب العام

يمتد فوق كرة العين من الخـارج ثنيات من الجلد هى الجفون **eye lids**، التى قد تتحرك باستمرار لحماية كرة العين وبالذات المناطق القريبة من الأتربة وغير ذلك. كما أن تحركها الدائم يسبب ترطيب القرنية.

توجد غدد فى حجاج العين فى الثدييات الأرضية، منها الغدة الدمعية **lacrimal gland** التى تفرز الدموع **tears**. وهى صغيرة فى بعض الزواحف وفى الطيور. وكبيرة فى السلاحف الـبحرية حـيث تفرز الملح. فى كـثير من الثـدييات، توجـد غدد هاردير **Harderian glands** التى تفرز سائلا أكثر لزوجـة. وهى لا توجد فى بعض الثدييات وبالذات المائية، بعض الثدييـات بها غدة أسفل حجـاجية **sub-orbital**، السوائل التى تفرزها الغدد الحـجاجية عـادة تصفى فى قناة دمعيـة أنفية **nasolacrimal duct** تؤدى إلى تجويف الأنف أو العضو الأنفى الميكعى.

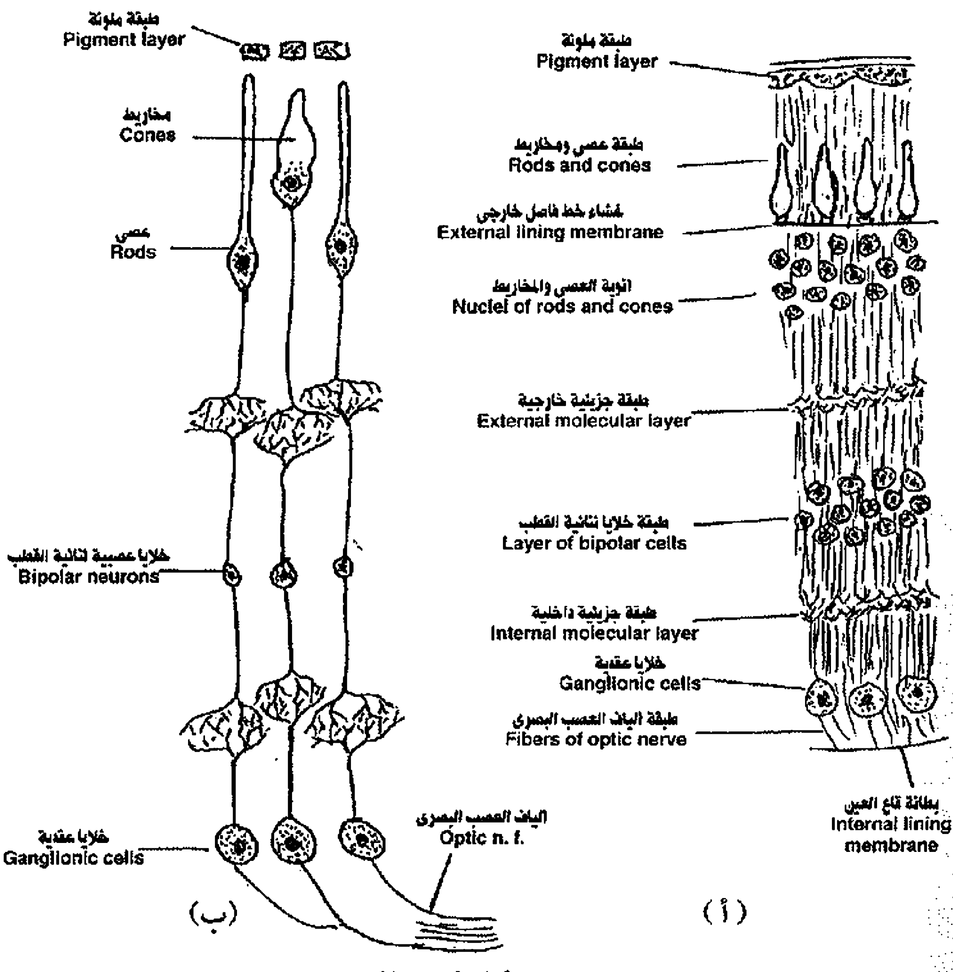
الفقاريات التى تعيش فى الكهوف والمـناطق المظلمة (بعض الأسماك، وسلامندر الكهوف والبرمائيات عديمة الأطراف) تكون غالبا عمياء والأعين قد تكون ضامرة وغالبا ما تفشل الجفون فى التكوين.

طبقات الشبكية العصبية الحسية Neurosensory retinal layers

طبقات الشـبكية العصبية فى الفـقاريات تبدأ من الخارج على هيئة طبـقة العصى والمخاريط **rods & cones** وهى مستقبلات الضوء **photoreceptors**، ثم طبقة الخلايا ثنائية القطب **bipolar neurons** وهى الطبقة الوسطية، يليها نحو الداخل الطبقة الثالثة وهى العقدية **ganglionic layer**. (شكل ٥-٩٨) التى تتجـمع محاورها **axons** فى قاع العين لتخترق طبقات الشبكية فى بقعة واحدة هى البقعة العمياء.

العصى والمخاريط هى خلايا عصـبية حسية **neurosensory**. العصى تعمل فى الضوء الخافت **faint light** وغيـر حساسـة للون، والمخاريط تعمل فى الضـوء القوى **intense light** ولها القدرة على الإحساس باللون. ولذلك فـإن المخاريط غير موجودة فى قليل من الفقاريات تشمل الأسماك ورباعيات القدم التى تقطن المياه العكرة أو المناطق المظلمة وكـذلك فى الثعابين. خلف حدقـة العين مباشرة، توجد بقـعة صغيـرة صفراء بيضيـة الشكل، تتكون من عصى فقط فى الحـيوانات الليلية، ومخـاريط فى الحيوانات النهارية **diurnal** وهى تمثل منطقة رؤية حادة أكـثر من بقية الشبكيـة. وفى مركز تلك البقعة فى قليل من الثدييات (وبالذات الرئيسيات العليا) ومعظم الطيور والسحالى توجد منطقة منضـغطة تسمى البقعة (الـنقرة) المركزية **fovea** مكونة أساسا من مـخاريط وبها الرؤية أكثـر حدة **sharp**. الحيـوانات الليلية ليس بهـا نقرة (حـفرة) **fovea**. ولطيور القنص (البـومة والنسـور والصـقور) وبعض الســحالى نقـرتان **foveae** فى كل عين،

أعظمهـا الصقور التي بهـا عين فى حجم عين الإنسان وبهـا تقريبا مليون مـخروط فى المليمتر المربع من كل نقرة. وثمة طيـور أخرى بها نقرتان فى كل عين، تلك التي تصيد الحشرات الطائرة. قوة الإبصار لدى الصقر يقال إنها ثمانى مرات مثل الإنسان.



شكل (٥-٩٨) *يوضح طبقات الشبكية العصبية :*

أ - مظهر هستولوجى.

ب- رسم تخطيطي لمناطق الاتصال بين الطبقات.

الأعين الوسطية

كثير من الفقاريات أقل من الطيور، لديهـا عين ثالثة فعالة فوق قمة الرأس. من هذه الفقـاريات الجلكى وقليل من الأسماك العظميـة ويرقات الضفادع وبعـض الضفادع والسفينودون ***Sphenodon*** وبعض السحالى.

العين الوسطية عبارة عن جيب من سقف الدماغ البيني. بدائيا كان يوجد جيبان أمامي وهو جار الصنوبرى **parapineal** وخلفي وهو الصنوبرى **pineal**، عادة يكون جار الصنوبرى هو الحساس ولكن فى الجلكى فإن الاثنين حساسان.

جار الصنوبرى فى السحالي أو العين الجدارية **parietal eye** تقع فى الثقب الجدارى مباشرة أسفل قشرة بشرية شبه شفافة فى وسط الرأس. يتكون من قرنية وعدسة وشبكية ذات مستقبلات ضوئية وقنطرة ألياف حساسة فى العنق وتدخل سطح الدماغ البينى.

الأعين الوسطية بخلاف الأعين الجانبية لا تكون صورة شبكية، ولكنها تسجل فترات امتداد الضوء. وذلك يؤدى إلى انتظام فى تغيرات بيولوجية داخلية مثل التغيرات الموسمية فى المناسل كما تسجل كثافة أشعة الشمس.

٥ - مستقبلات النقر العميقة Deep pit receptors

بعض الثعابين، مثل الثعابين ذات الجرس **rattle snakes** من فصيلة كروتا ليدى **family Crotalidae**، لديها مستقبل نقرة عميقة **deep pit receptor** على كل جانب للرأس بين العين وفتحة المنخار. بداخل النقرة توجد خلايا شعرية حساسة للإشعاع (مؤثرات حرارية **thermal stimuli**) وتسمى أيضا النقر الوجنية **loreal pits** ولذلك تُعرف الثعابين الكروتاليد بالثعابين ذات النقرة **pit vipers**.

أوضحت التجارب أن النقر الوجنية يمكنها أن تحدد التغيرات الحرارية فى حدود ٠,٠٠١ درجة مئوية على بعد مسافة بضعة أقدام. ولذلك تُمكّن ثعابين النقرة من تحديد وجود فقاريات ذات دم دافئ مثل الجرذان أو الطيور الصغيرة بالليل، أو بالنهار لو كانت الفريسة مختبئة أو فى حفرة أو عش.

ثعابين الأصلة **pythons** لديها سلسلة من النقر المماثلة ولكنها أصغر وأقل حساسية تسمى نقر شفاهية **labial pits**، ذات فتحات ضيقة بين القشور التى تحيط بالفم. جميع المستقبلات الحرارية على رأس الثعابين، تغذيتها ألياف حسية من العصب المخى الخامس.

ب- مستقبلات حشوية خاصة Special visceral receptors

يوجد منها نوعان: شمية **olfactory** وتذوق **gustatory**، وكلاهما عبارة عن مستقبلات كيميائية **chemical receptors** حساسة لبعض الأحماض الأمينية **amino-acids**. حاستا الشم والتذوق عبارة عن ظواهر مرتبطة ببعضها.

١ – أعضاء الشم Olfactory organs

فى الفقاريات، باستثناء دائريات الفم، يوجد زوج من الأكياس الشمية **olfactory sacs** على جانبى الرأس أماما يفتحان نحو الخارج بفتحة المنخار الخارجية **external nostrils**. بطانة الكيس عبارة عن خلايا شمية **olfactory cells** وخلايا دعامية **supportive cells** وخلايا مخاطية **mucous cells**. الخلايا الشمية هى خلايا عصبية حساسة **neurosensory**، تمتد منها امتدادات تتجه نحو البصيلة الشمية **olfactory bulb** للدماغ الأمامى. تلك الامتدادات تكون ألياف العصب الشمى **olfactory nerve**. تقدر عدد الخلايا الشمية فى الإنسان بخمسين مليونا. توجد خلايا مميزة أنبوبية متفرعة (خلايا مخاطية **mucous cells**) وتفرز مخاطا **mucus**، تبقى الطلائية رطبة فى رباعيات القدم تسمى غدد بومان **Bowman's glands**، وهى لا توجد فى الأسماك.

الأكياس الشمية فى الأسماك تنتهى مغلقة، وهى تفتح فقط نحو الخارج بفتحات المنخار الخارجية، وكل فتحة يقسمها حاجز إلى فتحة تدخل تيار الماء وأخرى تخرجه. بطانة كيس الشم قد تمتد فى ثنيات لتزيد من مساحة سطح الشم.

فى الأسماك الرئوية ورباعيات القدم، تفتح الأكياس الشمية فى التجويف الفمى عن طريق فتحات منخار داخلية أو كوآنا **choana**. وهنا تنحصر البطانة الشمية فى جزء من الكيس الشمى، أما بقية الممر الأنفى فهو مبطن بطلائية غير حسية، حيث إن الممرات تمثل ممرات للهواء الداخل إلى الرئتين. الخلايا الشمية مثل تلك فى الأسماك، غير أنها فى رباعيات القدم تسجل الشم فى تيار الهواء وليس فى تيار الماء. تذوب الروائح على الطلائية الشمية الرطبة وتؤثر فى الخلايا الشمية.

الطلائية الشمية تامة النمو فى الأسماك، وأقل منها فى الطيور التى لها حاسة شم فقيرة. وفى الثدييات تتنوع حاسة الشم، حيث توجد حيوانات فيها حاسة الشم قوية مثل الكلب ولذلك تكثر فيها الخلايا الشمية.

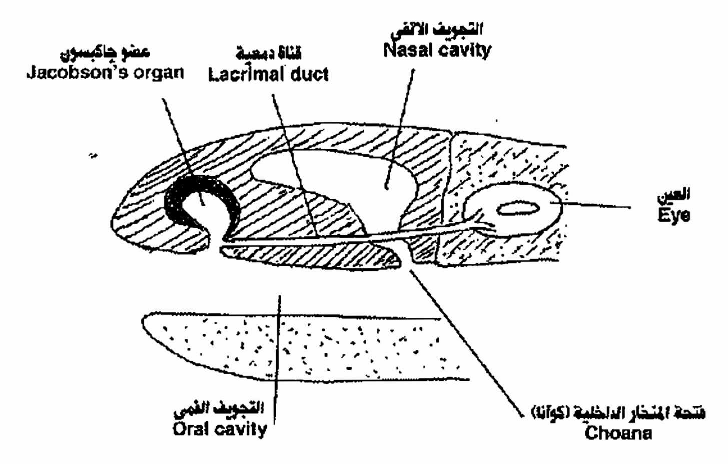
٢–الأعضاء الأنفية الميكعية (أعضاء جاكبسون)

Vomeonasal (Jacobson's) organs

هى أعضاء شمية مساعدة توجد فى بعض أنواع رباعيات القدم. وهى تقع فوق العظم الميكعى **vomer**، وتسجل الروائح فى الفم.

فى البرمائيات الذيلية، تكون عبارة عن زوج من الميازيب العميقة فى قاع القناة الأنفية. فى الضفادع والبرمائيات عديمة الأطراف، تكون عبارة عن أكياس أعورية تفتح

فى القناة الأنفية. فى السحالى والثعابين تفقد تلك الأكياس اتصالها بالقنوات الأنفية وتفتح فى السقف الأمامى من التجويف الفمى لتصبح جيبين رطبين تستقبلان طرفى اللسان المشقوق (شكل ٥-٩٩)، لتسجل المواد الكيميائية فى الوسط. والأعضاء أكثر نموا فى الثعابين عن أية زواحف أخرى. وهى غير موجودة فى التماسيح اليافعة ولا فى الطيور. وهى غير مميزة فى السلاحف.



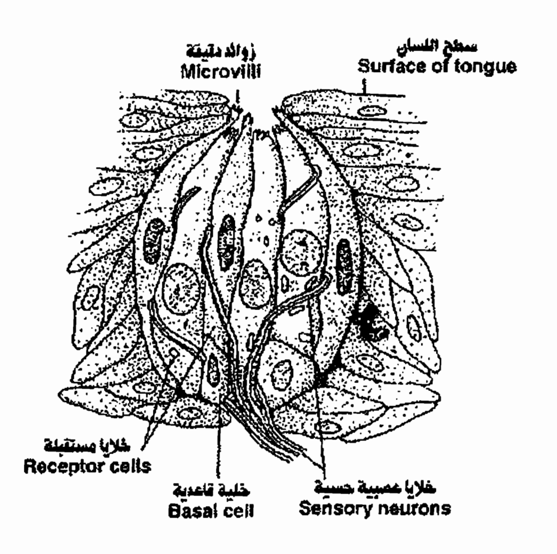
شكل (٥-٩٩) *رسم تخطيطى يوضح عضو جاكبسون فى السحالى*

لمعظم الثدييات أعضاء جاكبسون فوق سقف الحلق الثانوى الصلب مباشرة، وهى تفتح إما فى قاع القنوات الأنفية كما فى كثير من القوارض، أو سقف الحلق الصلب عن طريق قنوات أنفية حلقية **nasopalatine ducts** كما فى القط. وهى نامية فى الثدييات الأولية والكيسيات وآكلات الحشرات وكثير من اللاحمات. وتغيب تلك الأعضاء عن الحيتان وبعض الخفافيش والرئيسيات العليا **apes**. الأعضاء التى تفتح فى التجويف الفمى تتأثر بالطعام فى التجويف.

أعضاء جاكبسون يغذيها العصب الميكعى الأنفى وهو فرع من العصب الشمى.

٣- أعضاء التذوق Organs of taste = Gustatory organs

براعم التذوق عبارة عن مجاميع برميلية الشكل من خلايا طولية مستقبلة تُعرف بخلايا التذوق **gustatory cells** وخلايا مدعمة **supportive cells** (شكل٥-١٠٠). المستقبلات **receptors** لها بروزات قمية تجحظ بداخل فتحة تذوق دقيقة **taste pore** فى الطلائية الرطبة. تلك البروزات تغطى بخملات دقيقة **microvilli**. حول قاعدة كل خلية مستقبلة توجد نهايات عصبية حسية.



شكل (٥-١٠٠) قطاع يوضح براعم التذوق فوق لسان الثدييات

فى الأسماك تنتشر براعم التذوق فى سقف وجوانب وقاع البلعوم، حيث تسجل التيار الداخل من ماء التنفس. فى آكلات القاع أو المفترسات مثل الأسماك العظمية والمبروك، تتوزع البراعم فوق سطح الجسم حتى طرف الذيل. وتكثر على الشوارب **barbels** فى الأسماك القطية مثل القرموط والبياض والشال.

فى معظم رباعيات القدم، تنحصر براعم التذوق على اللسان وخلف الحلق والبلعوم. يوجد القليل منها على اللسان فى الزواحف والطيور عنها فى الثدييات. براعم التذوق تغذيها الأعصاب المخية السابع والتاسع والعاشر حسب ترتيبها من الفم حتى نهاية البلعوم. وعلى ذلك فالبراعم فى الإنسان على طرف اللسان الأمامى يغذيها العصب السابع وتلك على السطح الخلفى منه يغذيها العصب التاسع، والبراعم بالقرب من فتحة المزمار **glottis** يغذيها العصب العاشر. العصب السابع أيضا يغذى جميع البراعم فى جلد الأسماك حتى طرف الذيل.

الفصل السابع والعشرون
التكاثر والتكوين المبكر للجنين
REPRODUCTION AND EARLY VERTEBRATE EMBRYOLOGY

هناك أسلوبان أساسيان لتكاثر الحيوان، التكاثر الجنسى **sexual reproduction** حيث تتحد مشيجتان أنثوية وذكرية لتكونا بيضة مخصبة أو زيجوتاً **zygote** وتلك أول خطوة فى تكوين الجنين، والتكاثر اللاجنسى الذى يتم دون تدخل من خلايا جنسية **sex cells**، مثل الانشطار كما فى بعض الأوليات أو التبرعم كما فى اللافقاريات الدنيا.

أما فى حالة اللافقاريات الأخرى والراقية وكذلك فى شعبة الحبليات، فيتم التكاثر جنسيا.

تنضج الخلايا التناسلية فى المناسل ويتم نضوجها بخطوات أساسها الانقسام الاختزالى **meiosis**، الذى يؤدى إلى تكوين أمشاج بها نصف عدد الكرموسومات أى العدد المفرد **haploid number**: بويضات من المبيض بالأنثى وحيوانات منوية من الخصية فى الذكر. تخرج الأمشاج من المناسل ويتم الاتحاد بينها أى الإخصاب **fertilization**، الذى ينشط البويضة فتبدأ فى الانقسام كأول خطوة فى تكوين الجنين، ذلك الانقسام من النوع الفتيلى أو غير المباشر **mitosis**، حيث يبقى عدد الكرموسومات المزدوج **diploid** للزيجوت فى جميع خلايا الجسم المتكونة، وهو الرقم المميز لكل نوع من الحيوانات **species number**.

يختلف أسلوب التكاثر هذا بين الفقاريات المختلفة. فهناك حيوانات بيوضة **oviparous** أى تضع بيضها فى الماء حيث يفرز الذكر حيواناته المنوية عليه ليخصبه خارجيا **external fertilization** كما فى معظم الأسماك والبرمائيات، أو حيوانات بيوضة تضع بيضها محاطا بقشرة صلبة كما فى بعض القروش وكما فى معظم الزواحف والطيور حيث تكون القشرة كلسية. وفى هذه الحالة لابد أن يتم الإخصاب داخليا فى أعلى قناة البيض بجسم الأنثى. وتبدأ عمليات الانقسام ثم ينزل الجنين مبكر التكوين إما فى الماء كما فى القروش وإما على الأرض كما فى الزواحف والطيور، حيث يتم تكوين الجنين خارجيا.

وهناك الفقاريات التى تلد **viviparous** أى أن الإخصاب يتم داخل جسم الأنثى **internal fertilization** بعد عملية الجماع بين الأنثى والذكر، ثم يتم نمو الجنين فى رحم الأم معتمدا على غذائه عن طريق المشيمة ويولد الصغار كما فى الثدييات المشيمية.

وثمة فقاريات أخرى يتم فيها الإخصاب داخليا وينمو الجنين في قناة البيض معتمدا في معظم غذائه على مح البيضة، وتلد الأنثى الصغار مثل بعض الأسماك الغضروفية وبعض السحالي والثعابين، ولذلك تُسمى تلك الفقاريات ولودة بيوضة **ovoviviparous** لاعتماد الجنين -رغم نموه بداخل جسم الأنثى- على مح البيضة المخصبة.

الأمشاج Gametes

توجد أمشاج أنثوية وهي البويضلات **ova** وأخرى ذكرية وهي الحيوانات المنوية **spermia = spermatozoa**. الأولى كبيرة نسبيا عادة، وقد يصل حجمها إلى درجة كبيرة لاحتوائها على كمية ضخمة من المح كما في الطيور. أما الحيوانات المنوية فهي صغيرة جدا مجهرية لها ذيل عادة كعضو حركي، وهي نشطة لأنه ينبغي عليها أن تقطع مسارات طويلة حتى تصل إلى حيث توجد البويضة التي تخصبها إما في الماء، وإما في الجزء العلوي من قناة البيض في الأنثى **upper oviduct**. وعلى ذلك فإن البيض يختلف فيما بين الفقاريات المتنوعة.

أنواع البيض Types of eggs

يختلف البيض في حجمه كثيرا، ويرجع ذلك إلى كمية وأسلوب توزيع حبيبات المح **yolk granules** بداخل البويضة، الذي يترتب عليه أسلوب تكون ونمو الجنين. ولذلك توجد الأنواع الأساسية الآتية لبيض الفقاريات:

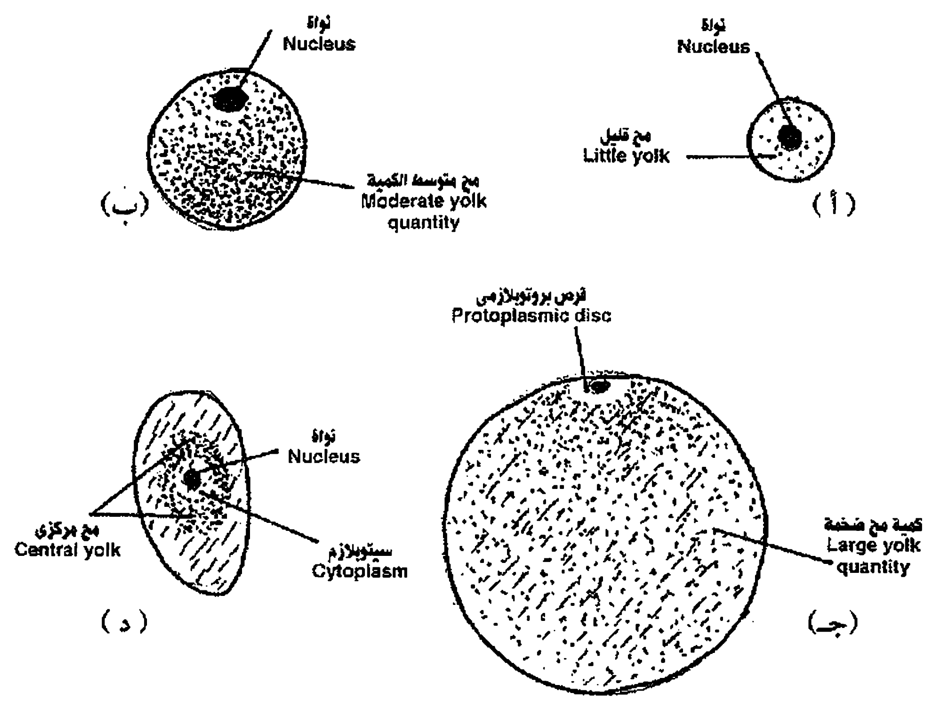
١-بيض متساوي توزيع وقليل المح Meiolecithal (=isolecithal)(شكل ٥-١٠١أ)

وفيه يكون المح عبارة عن حبيبات دقيقة وقليلة موزعة تقريبا بالتساوي **evenly** بداخل السيتوبلازم. هذا النوع موجود في السهيم (الحبليات الأولية) وفي الثدييات المشيمية ولذلك فالبويضات هنا مجهرية. في السهيم لا يحتاج الجنين إلى كمية كبيرة من المح حيث إن نموه المبكر يتم سريعا، فيفقس وينمو باحثا عن غذائه بمفرده. وفي الثدييات المشيمية فإن الجنين لا يحتاج أيضا إلى المح كغذاء له، حيث يعتمد في معظم نموه على الغذاء من دم الأم عن طريق المشيمة المتصلة بجدار الرحم.

٢-بيض طرفي المح Telolecithal eggs

أثناء نمو البويضة في المبيض وتحولها إلى طور ناضج **mature** قابل أن يخصب بواسطة حيوان منوي، أثناء ذلك يتم تكدس المح عند أحد الطرفين الذي يعرف بالقطب

الخضرى **vegetal pole**، والقطب الآخر المقابل له يعرف بالقطب الحيوانى **animal pole** الذى يحتوى على معظم السيتوبلازم (إن لم يكن كله) وبه النواة.



شكل (٥-١٠١) *أنواع البيض بين الفقاريات :*

أ -السهيم (متساوى وقليل المح **isolecithal**).
ب- الضفدع (متوسط وطرفى المح **mesolecithal**).
جـ- الطيور (كثير وطرفى المح **macrolecithal**).
د - الحشرات (مركزى المح **centrolecithal**).

ومن هذا النموذج يوجد صنفان من البيض:

أ- بيض متوسط كمية المح Mesolecithal eggs (شكل ٥-١٠١ب)

كمـا فى البرمائيات، فـتكون كميـة المح كافية لـنمو الجنين فى أطواره الأولى ثم يكمل الحيـوان الذى يعرف بأبى ذنيـبة **tadpole** بقيـة أطواره الجنينية باحثـا عن غذائه بنفسه بصفة مستقلة فى الماء عن طريق قضم النباتات المائية بأسنان قرنية مؤقتة.

ب-بيض كثير كمية المح Macrolecithal or Polylecithal eggs (شكل ٥-١٠١جـ)

كمـا فى الزواحف وفى الطيور، حيث تكون كـمية المح ضخـمة، تكفى المراحل

الجنينية كلها بداخل قشرة البيضة حتى يفقس الصغير مغادرا القشرة وهو على شكل حيوان يافع صغير صورة من والديه.

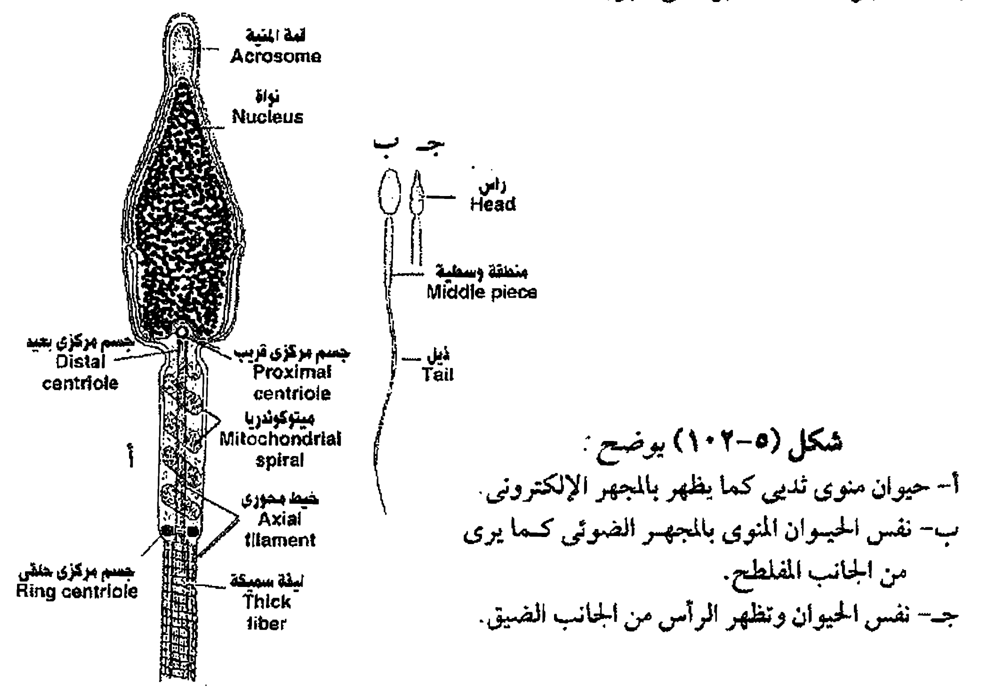
٣-بيض مركزى المح Centrolecithal eggs (شكل ٥-١٠١د)

كما فى مفصليات الأرجل **Arthropoda** ومنها الحشرات **Insecta**، حيث يتركز المح فى مركز البويضة تقريبا، وداخله توجد كمية بسيطة من السيتوبلازم تحضر النواة. وحول المح تكون بقية السيتوبلازم فى البويضة التى تحاط بغشاء البويضة **egg membrane**.

الحيوانات المنوية Spermatozoa, spermia, sperms (شكل ٥-١٠٢)

الحيوان المنوى -أى المشيجة الذكرية- عبارة أساسا عن رأس **head** يحتوى على النواة وقليل من السيتوبلازم، ومنطقة وسطية **middle piece** بها الميتوكوندريا **mitochondria** التى تطلق الطاقة اللازمة للحركة، والذيل **tail** وهو عضو حركى طويل **locomotory organ**. أماما توجد قمة المنية **acrosome** التى تلزم فى إذابة غشاء البويضة عند الإخصاب.

الحيوان المنوى خفيف نشط حيث إن به كمية ضئيلة من السيتوبلازم؛ لأنه ينبغى عليه أن يقطع مسارات طويلة ليصل إلى البويضة التى يخصبها كما ذكر من قبل؛ ولذلك فهو يختلف كثيرا عن البويضة.



شكل (٥-١٠٢) يوضح:

أ- حيوان منوى ثديى كما يظهر بالمجهر الإلكترونى.

ب- نفس الحيوان المنوى بالمجهر الضوئى كما يرى من الجانب المفلطح.

جـ- نفس الحيوان وتظهر الرأس من الجانب الضيق.

تكوين الأمشاج Gametogenesis

نعنى بتكوين الأمشاج نضوج وانقسامات الخلايا التناسلية الأولية فى المناسل، لتكون فى النهاية أمشاجا بالغة لها القدرة على الإخصاب، أى بويضات قابلة أن تخصب وحيوانات منوية نشطة لها القدرة أن تخصب البويضات.

عند تكون الجنين الذكر تتحول الخلايا التناسلية الأولية إلى مولدات المنى فى الخصية، وفى الأنثى تتحول تلك الخلايا إلى أمهات البيض. تظل تلك كامنة فى المناسل بعد عملية الفقس أو الوضع للأطوار اليافعة الصغيرة، وتواصل انقساماتها المباشرة لتكون مصدرا مستمرا للأمشاج. وعند بلوغ الحيوان مرحلة النضوج الجنسى **sexual maturity**، تدخل مولدات المنى وأمهات البيض فى مرحلة النضوج الجنسى، والتى تشمل أساسا انقساما اختزاليا يؤدى إلى تحول الكروموسومات الزوجية **diploid** إلى فردية **haploid**؛ ولذلك تحتوى الأمشاج الناضجة على نصف عدد الكروموسومات الموجودة فى الخلايا الأخرى. ثم تتم عملية تحور تصل فى نهايتها الخلايا التناسلية إلى حيوانات منوية نشطة وبويضات ناضجة.

ولذلك فإن عملية الإخصاب بين البويضة والحيوان المنوى تنتج عنها بويضة مخصبة أو زيجوت، يعود إليه العدد المزدوج من الكروموسومات المميز للنوع، نصفها من البويضة ونصفها من الحيوان المنوى.

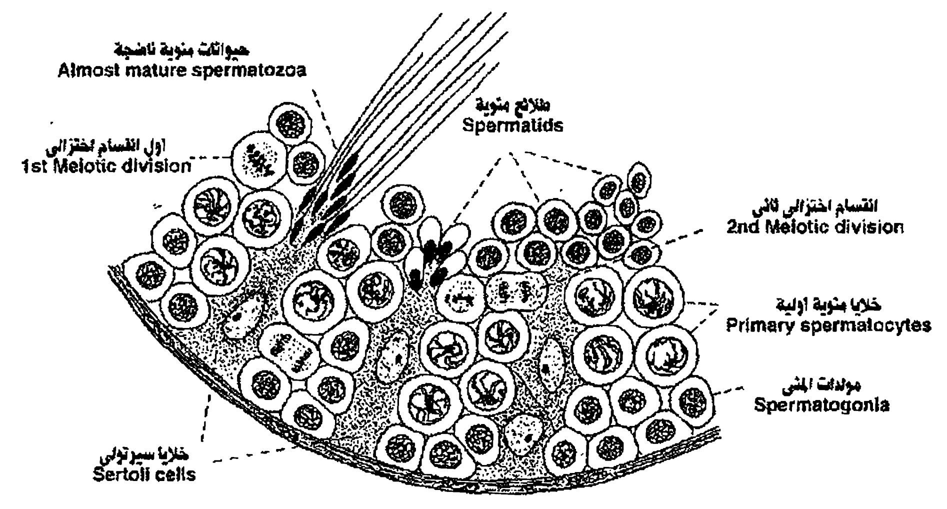
وعليه فإن تكوين الأمشاج يشمل عمليتى تكوين الحيوانات المنوية وتكوين البويضات.

تكوين الحيوانات المنوية Spermatogenesis (شكل ٥-٣-١٠)

مولدات المنى **spermatogonia** تواصل انقساماتها المباشرة باستمرار فى جدر الأنابيب المنوية. وعند النضوج الجنسى، تبدأ مولدات المنى فى الانقسام الاختزالى والنضوج حتى تتكون حيوانات منوية نشطة.

أولى تلك الخطوات هى كبر بعض مولدات المنى لتكون خلايا منوية أولية **primary spermatocytes**، ثم تنقسم تلك إلى خلايا منوية ثانوية **secondary spermatocytes**، يليها انقسام آخر مكونا طلائع منوية **spermatids** (شكل ٥-٣-١٠). هذان الانقسامان يكونان انقساما اختزاليا **meiosis** على مرحلتين. وبذلك تتكون أربعة طلائع منوية من خلية مولدة منى واحدة، وتحتوى على نصف عدد الكروموسومات. ثم تحدث عملية تحور تؤدى إلى تحول الطلائع المنوية إلى حيوانات

منوية نشطة. أثناء عملية التحور هذه تظل الطلائع المنوية ملتصقة بالأطراف الداخلية لخلايا كبيرة تسمى خلايا سيرتولى **Sertoli cells**، تتخذ منها الحماية والتغذية. بعد تمام نضوج الحيوانات المنوية، تتجه نحو تجويف الأنابيب المنوية **seminiferous tubules** (شكل ٥-١٠٣)، ثم تتجمع فى الأوعية الناقلة نحو الخارج.

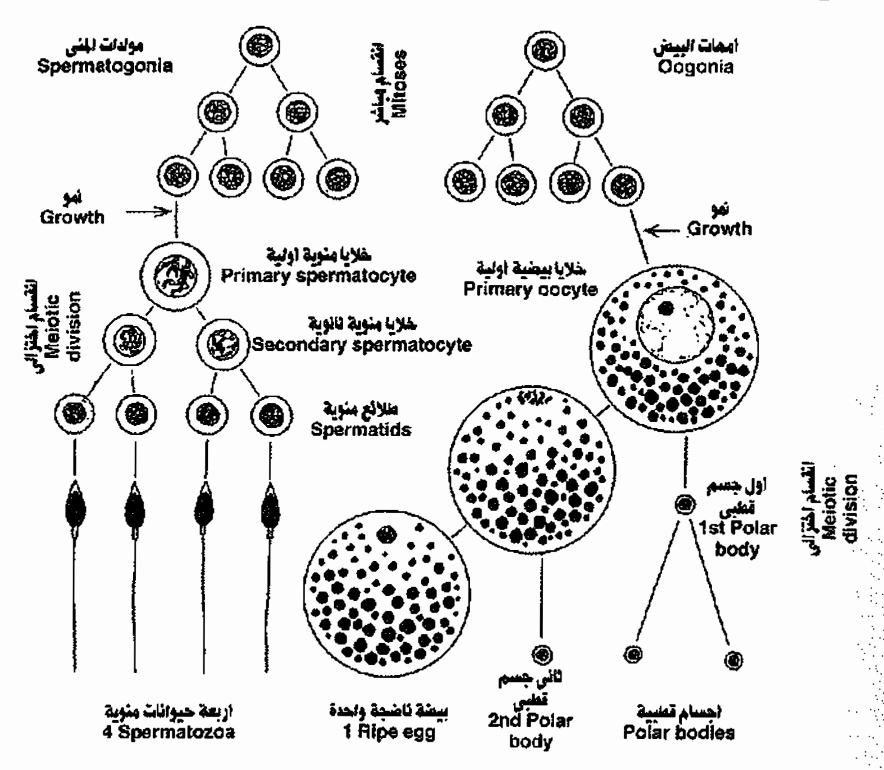


شكل (٥-١٠٣) *رسم تخطيطى لجزء من جدار الأنبوبة المنوية فى الثدييات يوضح خطوات تكوين الحيوانات المنوية*

تكوين البويضات الناضجة Oogenesis (شكل ٥-١٠٤)

بنفس الأسلوب، تواصل أمهات البيض **oogonia** فى المبيض انقساماتها المباشرة لتكون مصدرا مستمرا للبويضات. وتتواجد أمهات البيض على هيئة تجمعات أسفل غشاء المبيض مباشرة (شكل ٥-٧٩). بعض أمهات البيض تكف عن الانقسام المباشر وتبدأ فى الكبر مكونة خلايا بيضية أولية **primary oocytes** نتيجة دخول المواد الغذائية التى تترسب فى السيتوبلازم على هيئة حبيبات المح، ثم تنقسم الخلايا البيضية الأولية اختزاليا إلى خليتين، خلية بيضية ثانوية **secondary oocyte** وأخرى صغيرة تسمى الجسم القطبى **polar body**، كل به نصف عدد الكروموسومات **haploid number**. يلى ذلك انقسام آخر يمثل الخطوة الثانية من الانقسام الاختزالى يؤدى إلى تكون بويضة ناضجة **mature ovum** وخلية صغيرة أخرى تسمى الجسم القطبى الثانى **second polar body**، الذى قد ينقسم إلى جسمين قطبيين ثانويين. وذلك لتتكون أربع خلايا توضح التماثل بين الأنثى والذكر فى عملية تكوين الأمشاج. غير أنه فى حالة الأنثى تختفى الأجسام القطبية الثلاثة، وتبقى فقط خلية البويضة الناضجة **mature ovum**.

أثناء تلك المراحل، تتجه الخلايا نحو داخل المبـيض، ثم تعود نحو الحافة (شكل ٥-٧٩) لتخرج فى السيلوم على هيئة بويضات ناضجة. ويمثل الشكل (٥-٤٠١) رسما تخطيطيا يوضح التمـاثل بين تكوين الحيوانات المنوية فى الخصيـة وتكوين البويضات فى المبيض.



شكل (٥-٤٠١) *مقارنة بين تكوين الأمشاج فى الذكر (يسارا) والأنثى (يمينا)*

تكوين البويضات فى الثدييات Oogenesis in mammals

أثناء تكون البويضات فى مـبيض الثدييات، تحاط الخليـة البيضية بطبـقة ثم عدة طبقات من خلايا بدنية، تتجه منها المواد الغذائية نحو سيتوبلازم الخلية البيضية، ويسمى هذا التـركيب حـويصلة مـبيضـية **ovarian follicle** أو حـوصلـة جراف **Graafian follicle**، تكبر باسـتمـرار ويتكون بداخلها سائـل حويصلى **liquor folliculi** (شكل ٥-٧٩)، وتحاط بغلاف حويصلى من نسيج ليفى **theca folliculi** مزود بأوعية دموية.

أثناء كبر الحويصلات تتجه نحو حـافة المبيض ثانية بفعل الضغط الداخلى للسائل الحويصلى، حيث تبرز من جدار المبيض، فتنضغط الأوعية الدموية بين غلاف الحويصلة

وجدار المبيض. تمثل تلك البقعة منطقة ضعف، لا تلبث الحويصلة أن تنفجر فيها لتخرج منها البويضة نحو السيلوم، فتلقفها أنبوبة فالوب **Fallopian tube** التى تمثل الطرف العلوى من قناة البيض **oviduct**، وهنا قد يتم الإخصاب للبويضة بدخول الحيوانات المنوية وتحركها نحو قناة فالوب مخترقة تجويف الرحم.

إذا حدث إخصاب للبويضة وتلاه حمل، فإن الخلايا المتبقية فى حويصلة جراف -بعد زوال البويضة- تتكاثر بسرعة وتملأ تجويف الحويصلة الذى كان يملؤه السائل الحويصلى من قبل. وتكبر الحويصلة كثيرا متحولة إلى عضو هرمونى يسمى الجسم الأصفر **corpus luteum** يفرز هورمون البروجستيرون وهو رسالة إلى الرحم لاستقبال الجنين الذى ينغرس فى جداره. قد يتكون فى المبيض عدة أجسام صفراء **corpora lutea** فى الثدييات التى تتكون فيها عدة أجنة مثل القطط والفئران.

إذا لم يحدث حمل، فإن الجسم الأصفر يضمحل مكونا ندبة تسمى الجسم الأبيض **corpus albicans** لا تلبث أن تتلاشى وتضاف خلاياها إلى النسيج الضام للمبيض.

يتضح من ذلك أن كبر حجم الحويصلة فى مبيض الثدييات يعود إلى كثرة خلايا التغذية والحماية للبويضة ووجود السائل الحويصلى، أما البويضة فهى صغيرة جدا يحيطها قرص خلوى لحمايتها.

فى حالة البيض متوسط المح كما فى البرمائيات والبيض كثير المح كما فى الزواحف والطيور، فإنه -رغم تكون حويصلة مبيضية أيضا- إلا أن حجمها الكبير يرجع أساسا إلى كبر حجم البويضة بسبب تواجد كمية كبيرة من المح. أى أن البويضة تمثل معظم حجم الحويصلة، ولا يوجد سائل حويصلى كما فى الثدييات.

الإخصاب Fertilization

كما ذكر من قبل، يتم الإخصاب إما داخليا بجسم الأنثى بعد عملية جماع مع الذكر، وإما خارجيا بالماء. والإخصاب معناه التقاء المشيجة الذكرية والمشيجة الأنثوية، حيث يخترق الحيوان المنوى برأسه غشاء البويضة بالقرب من القطب الحيوانى. بينما يتسبب إفراز قمة المنية **acrosome** فى إذابة جزء من هذا الغشاء ليدخل منه الحيوان المنوى. وذلك من خلال عملية بيوكيميائية معقدة. باكتمال دخول الحيوان المنوى وتواجده بسيتوبلازم البويضة ممثلا أساسا فى نواته الذكرية، تكون عملية الإخصاب قد اكتملت، وتكونت بويضة مخصبة أو زيجوت، وتسبب ذلك فى تنشيط البويضة فتبدأ

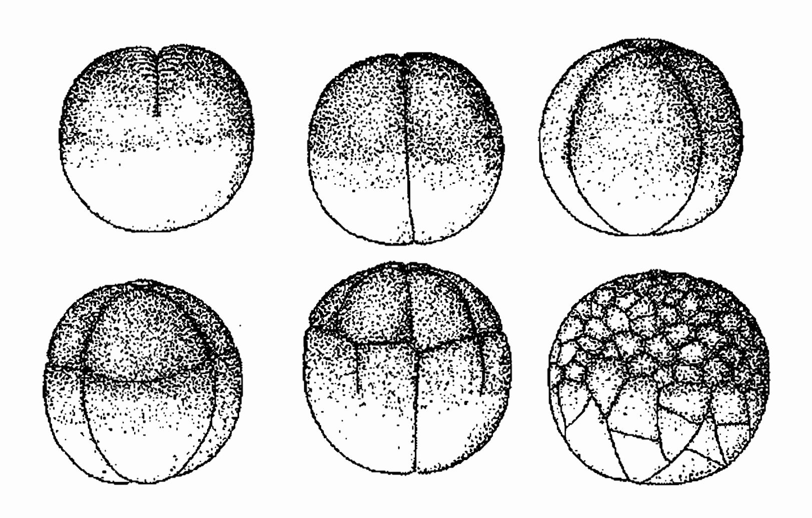
عملية الانقسام غير المباشر في الزيجوت إلى خليتين بعد اتحاد النواة الذكرية للحيوان المنوى وتسمى النواة الذكرية الأولية **male pronucleus** مع النواة الأنثوية الأولية للبويضة **female pronucleus** وتكون نواة ثنائية الصبغات **diploid number** تحتوى على العدد المميز للنوع. ينقسم الزيجوت إلى خليتين كل منها تحتوى على نفس عدد كروموسومات النوع لأن الانقسام هنا غير مباشر. ثم تتوالى عمليات الانقسام.

الانقسام Cleavage

يبدأ الزيجوت الذى يحتوى على **2n** من الكروموسومات فى الانقسام الميتوزى كما ذكر أعلاه، تنتج خلايا بكل منها العدد الزوجى من الكروموسومات المميز للنوع.

تأثير المح على الانقسام Effect of yolk on cleavage

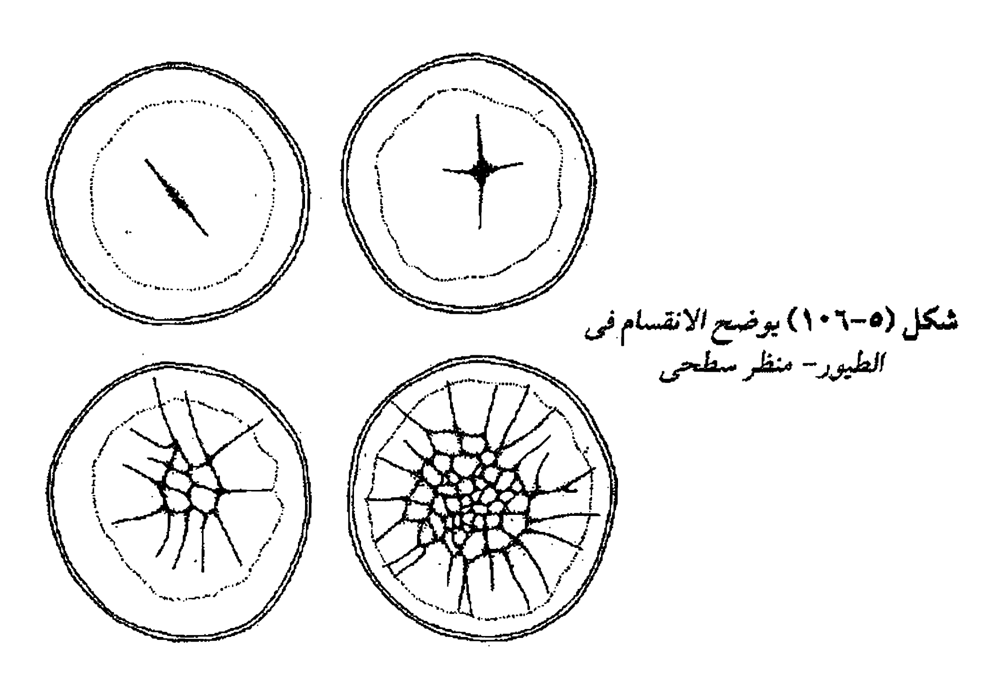
يختلف نموذج الانقسام فى الزيجوت تبعا لكمية وتوزيع حبيبات المح بالبويضة، حيث إن المح لا ينقسم فى الزيجوت والسيتوبلازم هو الذى يتم انقسامه، وعلى ذلك فإن البيض قليل المح متساوى توزيعه ينقسم سريعا كما فى السهيم، وتتكون قطع خلوية **blastomeres** تقريبا متساوية فى الحجم، غير أن الخلايا تجاه القطب الخضرى تكون أكبر قليلا وتسمى قطعا كبيرة **macromeres** لوجود كمية من المح أكبر نسبيا فى هذا القطب، والخلايا تجاه القطب الحيوانى تسمى قطعا صغيرة **micromeres** ويسمى هذا النوع من الانقسام بالانقسام الكامل المتساوى **holoblastic equal cleavage**.



شكل (٥-١٠٥) *يوضح الانقسام فى الضفدع*

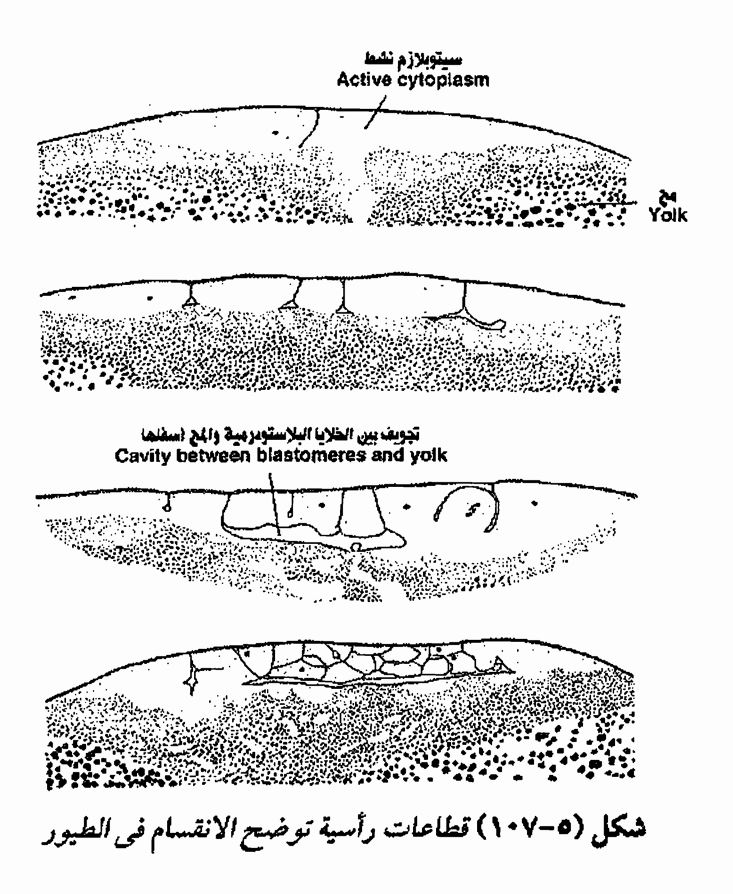
أما الانقسام فى البيض متوسط المح كما فى الضفادع (شكل ٥-١٠٥) فإن شقوق الانقسام **cleavage fissures** تسرى أسرع نسبيا فى المنطقة الحيوانية عنها فى المنطقة الخضرية، حيث تكثر كمية المح، فتنتج القطع الصغيرة أصغر بكثير وأكبر فى العدد من القطع الكبيرة تجاه القطب الخضرى التى تفوقها كثيرا فى الحجم لاحتوائها على كمية كبيرة من المح.

ويسمى هذا النوع من الانقسام بالانقسام الكامل غير المتساوى **holoblastic unequal cleavage**. أما البيض الذى به كمية كبيرة وضخمة من المح، وأدى تجمعه وتكدسه فى البيضة إلى إزاحة السيتوبلازم والنواة نحو القطب الحيوانى فيتم إنفصال تام تقريبا بين السيتوبلازم والمح، فيتم الانقسام فيه فى السيتوبلازم فقط الذى يتركز فى قرص يعوم فوق كمية ضخمة من المح، ويسمى القرص البروتوبلازمى **protoplasmic disc**، والمح هنا لا يحدث فيه انقسام لعدم احتوائه على سيتوبلازم؛ ولذلك يسمى هذا الانقسام انقساما جزئيا **meroblastic cleavage** أو قرصيا **discoidal cleavage**؛ لأنه يتم فى القرص البروتوبلازمى فقط (شكل ٥-١٠٦، ٥-١٠٧).



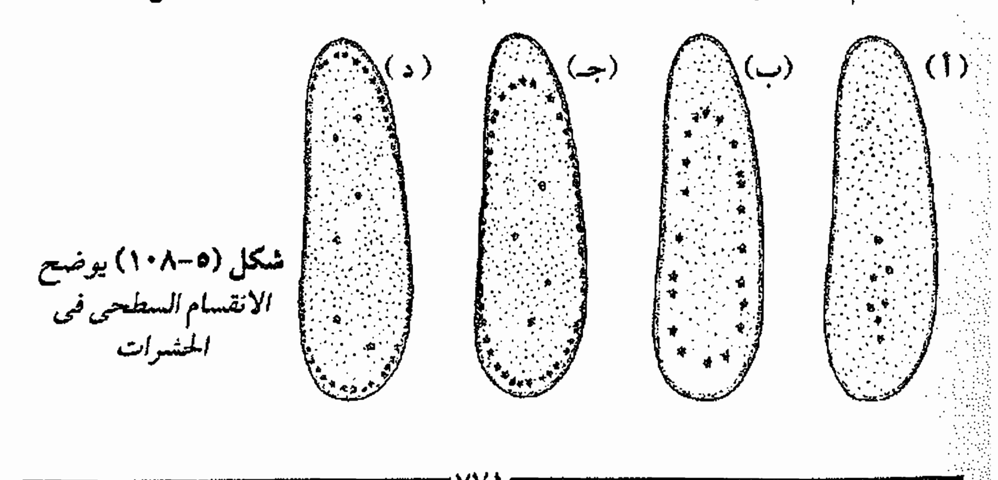
شكل (٥-١٠٦) *يوضح الانقسام فى الطيور- منظر سطحى*

أما الانقسام المركزى فيحدث فى بيض المفصليات مثل الحشرات مركزية المح، ويسمى هذا النوع من الانقسام بالانقسام السطحى **superficial cleavage** ويبدأ بسلسلة



شكل (٥-١٠٧) *قطاعات رأسية توضح الانقسام فى الطيور*

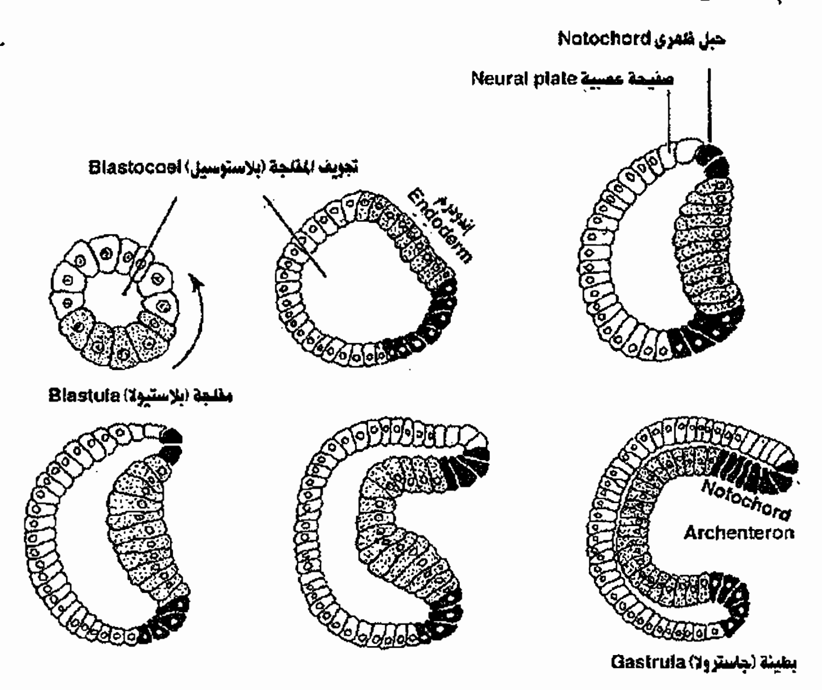
مبدئية من الانقسام النووى بدون السيتوبلازم، ثم تتجه كميات بسيطة من السيتوبلازم وتلازم الأنوية مكونة ما يعرف بالجزر **islands**. وتلك الجزر تهاجر من المركز إلى سطح البيض، حيث تتحد مع السيتوبلازم السطحى **superficial** وفيما بعد، ينقسم هذا السيتوبلازم السطحى مكونا خلايا البلاستودرم **blastodermal cells** (شكل ٥-١٠٨).



شكل (٥-١٠٨) يوضح *الانقسام السطحى فى الحشرات*

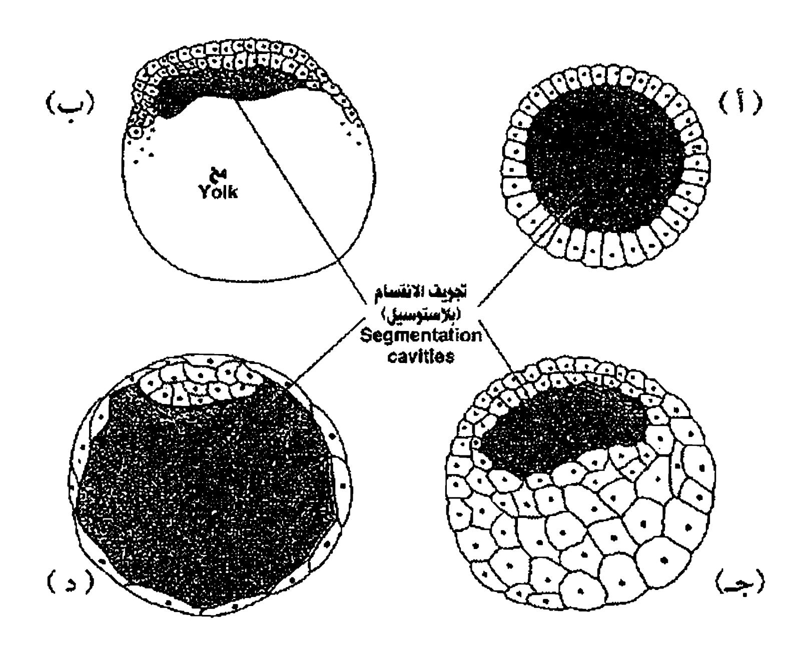
المفلجة Blastula

تؤدى عمليات الانقسام إلى تكوين مجموعة خلوية تسمى التويتة **morula**، لا تلبث خلاياها أن تترتب إلى ما يعرف بالمفلجة. ويختلف ترتيب الخلايا هنا أيضا حسب كمية المح، حيث إن البيض قليل المح متساوى توزيعه تترتب خلايا التويتة به فى طبقة واحدة مكونة كرة تجويفها مركزى يسمى تجويف المفلجة **blastocoel**. نصف كرة المفلجة الحيوانى به الخلايا الصغيرة والخضرى به الخلايا الأكبر نسبيا. ذلك مثل المفلجة فى السهيم (شكل ٥-٩٠١).



شكل (٥-٩٠١) *يوضح عملية التبطين فى السهيم*

وفى حالة البيض طرفى متوسط المح، فمن الصعب أن تترتب الخلايا فى طبقة حولية واحدة، ولكنها تترتب فى عدة طبقات، ويتكون فى الداخل تجويف فوق منطقة الاستواء، لأن الخلايا الخضرية الكبيرة المشحونة بحبيبات المخ، قد أزاحت تجويف المفلجة نحو أعلى، وذلك يحدث فى الضفادع (شكل ٥-١١٠). فى حالة بيض الطيور، حيث يطفو القرص البلاستودرمى **blastodermic disc**، الذى يمثل الآن التويتة **morula**، فإن خلاياه لا تترتب فى شكل كروى نظرا لإعاقة المح، مثل هذا



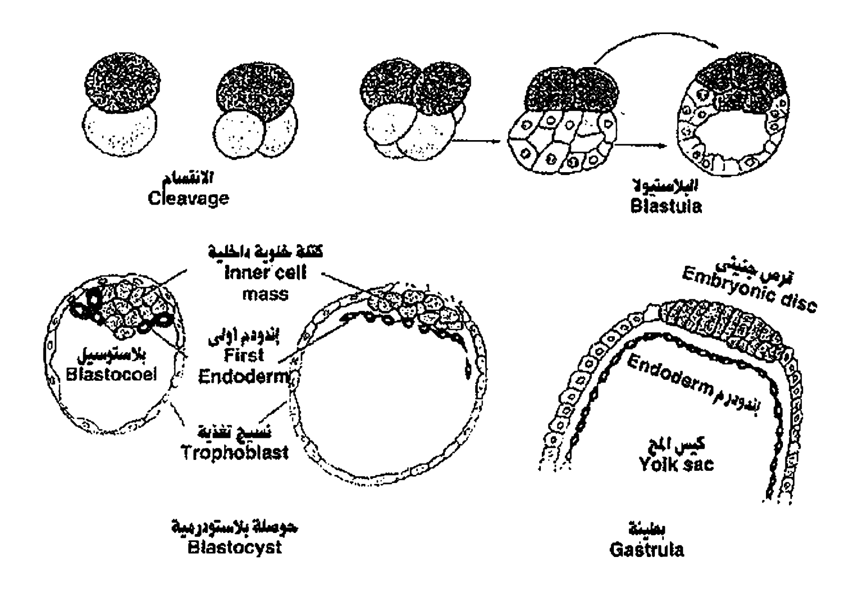
شكل (٥-١١٠) *يوضح مقارنة بين بلاستيولا السهم (أ) والأسماك العظمية (ب) والبرمائيات (جـ) والثدييات (د)*

الترتيب، ولكن تبقى تلك الخلايا على هيئة قرص يطفو فوق كمية من المح، وبينهما ينشأ تجويف البلاستيولا على هيئة شق ضيق **slit-like cavity** أسفل البلاستودرم (شكل ٥-١٠٧).

وبذلك يتضح تأثير المح أيضا على كيفية تكون المفلجة وشكلها النهائي.

في حالة الثدييات (شكل ٥-١١٠ د ، ١١١) تترتب الخلايا البلاستودرمية في منطقتين، منطقة مكونة من عدة طبقات من الخلايا عند أحد أقطاب كرة البلاستيولا وتلك تسمى الكتلة الخلوية الداخلية **inner cell mass** (شكل ٥-١١١) ومنطقة أخرى تمثل بقية جدار البلاستيولا وهي عبارة عن طبقة واحدة رقيقة من خلايا شبه مفلطحة تسمى طبقة التغذية **trophoblast**. الطبقة الأولى وهي الكتلة الخلوية الداخلية ينشأ منها جسم الجنين وطبقة التغذية تتكون منها أغشية تتصل بجدار الرحم حيث يتعلق الجنين ويتغذى فيما بعد على دم الأم عن طريق تكون المشيمة منها، ولذلك سميت بطبقة التغذية.

والتركيب هنا عبارة عن كرة ذات تجويف متسع هو تجويف البلاستيولا، وقد تسمى البلاستيولا بحويصلة البلاستيولا **blastocyst**؛ وذلك لأنها تشبه الحوصلة.



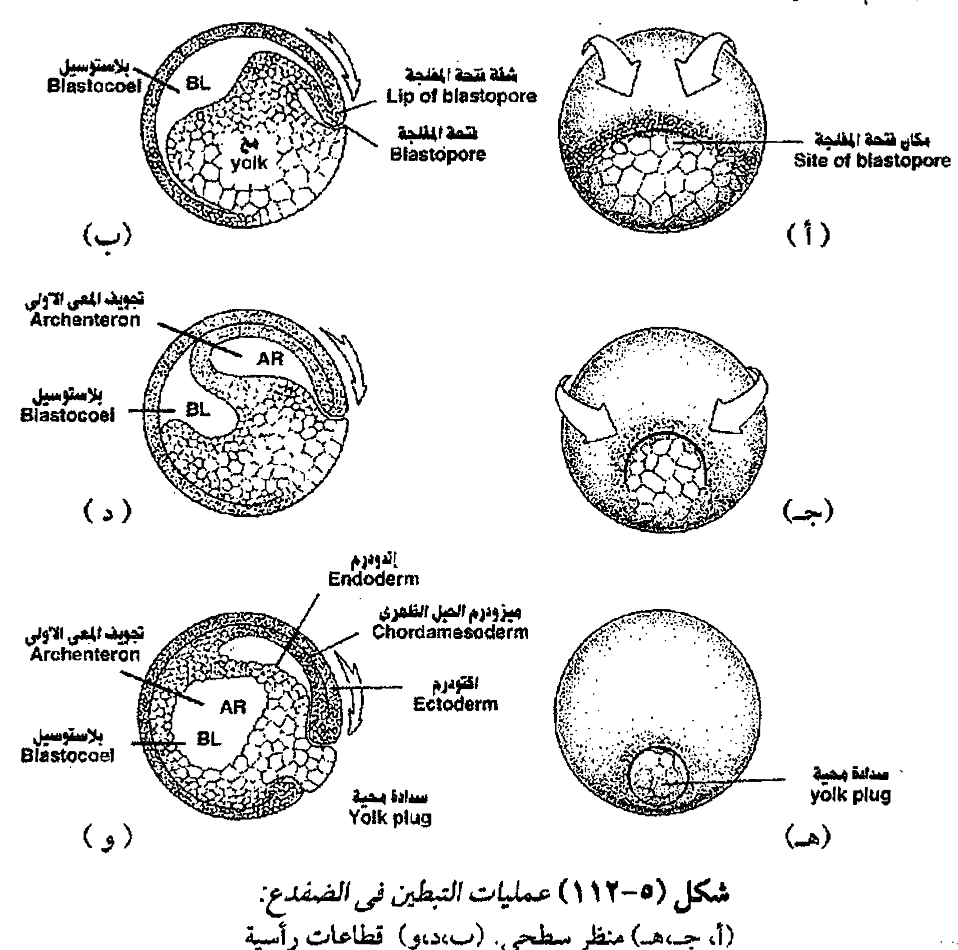
شكل (٥-١١١) يوضح الانقسام وتكوين المفلجة وبدء التبطين في الثدييات

البطينة - الجاسترولة Gastrula

اختلفت الآراء حول تسمية أسلوب تكون طور البطينة، وهو الطور الذى يلى طور المفلجة مباشرة، حيث ينتقل الجنين من هيئة إلى هيئة أخرى لها أهميتها فى المراحل الجنينية التالية. والسبب فى ذلك أن نموذج عملية التبطين يختلف كثيرا فيما بين الأنواع المختلفة ذات المفلجات المختلفة. ويعزى ذلك أيضا إلى كمية المح الموجودة فى طور المفلجة. وباختلاف أسلوب عملية التبطين **gastrulation** فلقد كان من الصعب وضع تعريف دقيق للعملية. فهناك ما يبدو اندغاما بسيطا **simple invagination** يؤدى إلى تكوين ثنائى الطبقات من تركيب ذى طبقة واحدة هو المفلجة كما فى السهيم، والخلايا التى تدخل هى الخلايا الكبيرة التى بها حبيبات مح أكثر من الصغيرة ولكن بنسبة بسيطة تسمح باندغامها بسهولة، والخلايا الصغيرة تبقى على السطح الخارجى (شكل ٥-٩-١٠).

أما فى حالة مفلجة البرمائيات، التى تمثل تركيبا كرويا أيضا، ولكن خلاياه مرتبة فى عدة طبقات منها طبقة خلايا كبيرة ممتلئة بالمح، وتجويف المفلجة غير مركزى. ولذلك من الصعب أن تتم عملية اندغام بسيطة، فتدخل الخلايا الكبيرة بسهولة فى طبقة داخلية تحوطها طبقة الخلايا الصغيرة كما حدث فى حالة السهيم؛ ولذلك يتكون فى مفلجة الضفدع شق صغير أسفل المستوى الوسطى مباشرة ليمثل منطقة ضعف تدخل منها أولى الخلايا المحية وتسير نحو الداخل تدريجيا تتبعها خلايا محية أخرى، حتى

تدخل جميع الخلايا المحية، ويتكون فى النهاية تركيب ثنائى الطبقات أيضا (شكل ٥-١١٢). تعرف الطبقة الداخلية بالنسيج السفلى **hypoblast** والطبقة الخارجية بالنسيج العلوى **epiblast** وكل يتكون من عدة طبقات. وينشأ تجويف جديد سواء هنا أو فى حالة السهيم- يسمى تجويف المعى الأولى **archenteron**، ويختفى التجويف الأول وهو تجويف المفلجة بتلاصق طبقة الخلايا الخارجية لطبقة الخلايا الداخلية. يمثل النسيج العلوى طبقة الإكتودرم بما فيها من إكتودرم عصبى **neurectoderm** الذى سوف يكون الجهاز العصبى المركزى، وطبقة الإكتودرم البشرى الذى يكون بشرة الجلد. ويمثل النسيج السفلى طبقة الإندودرم الذى سوف يكون جدار المعى، وطبقة الميزودرم الذى سوف يكون أجزاء متنوعة من الجسم مثل العضلات والجهاز الدورى... وغيرها. وتلك الطبقة تشتمل أيضا على نسيج ينشأ منه الحبل الظهرى فى المنطقة الظهرية يسمى الميزودرم الحبلى **chordamesoderm**.



شكل (٥-١١٢) *عمليات التبطين فى الضفدع:*
(أ، جـ،هـ) منظر سطحى. (ب،د،و) قطاعات رأسية

تلك الطبقات الثلاث تسمى الطبقات الجرثومية **germinal layers** وهى أولى طبقات تظهر فى الجنين وتمثله كتركيب له كيان، نظرا لأهمية تلك الطبقات؛ لأن منها تتكون جميع أعضاء الجسم المختلفة، وذلك بشكل ثابت فيما بين الفقاريات.

من ذلك تتضح أهمية طور البطينة، والذى احتار فى تحديده وتعريفه كثير من البيولوچيين وعلماء الأجنة، خصوصا بعد دراسة عملية التبطين فى الطيور حيث تكون المفلجة مفلطحة وليست كروية وهنا تحدث أمور أخرى غير عملية التبطين، أهمها تكوين الخط الأولى **primitive streak** فى المنطقة الخلفية من القرص البلاستودرمى، ومنه تدخل الخلايا الميزودرمية والإندودرمية نحو الداخل وتترتب الطبقتان أسفل الطبقة الإكتودرمية المتبقية على السطح، بحيث يصبح الجنين مكونا من ثلاث طبقات مفلطحة. طبقة إكتودرم بالخارج وطبقة أندودرم بالداخل وطبقة الميزودرم بينهما، ولا يتكون الآن تركيب كروى لإعاقة كمية المح الضخمة لذلك. والجنين النامى من القرص ثلاثى الطبقات هو الذى سوف ينمو فوق المح، ويحيط بنفسه كمية المح ويحتضنها، لتمثل مخزن الغذاء الذى يعلق من بطن الجنين ليكفيه مدة طويلة حتى نمو الجنين النهائى إلى الوضع اليافع، تلك المدة التى هى ثلاثة أسابيع فى الدجاج، ١٩ يوما فى الحمام.

ومهما اختلف أسلوب تكون البطينة واختلفت الآراء فى تعريفه، إلا أن كلها تشترك فى وضع واحد، وهو تكون جنين فى النهاية مكون من ثلاث طبقات أكتودرم وإندودرم وميزودرم بينهما وهى الطبقات الجرثومية، التى تنشأ منها جميع أعضاء جسم الجنين النامى.

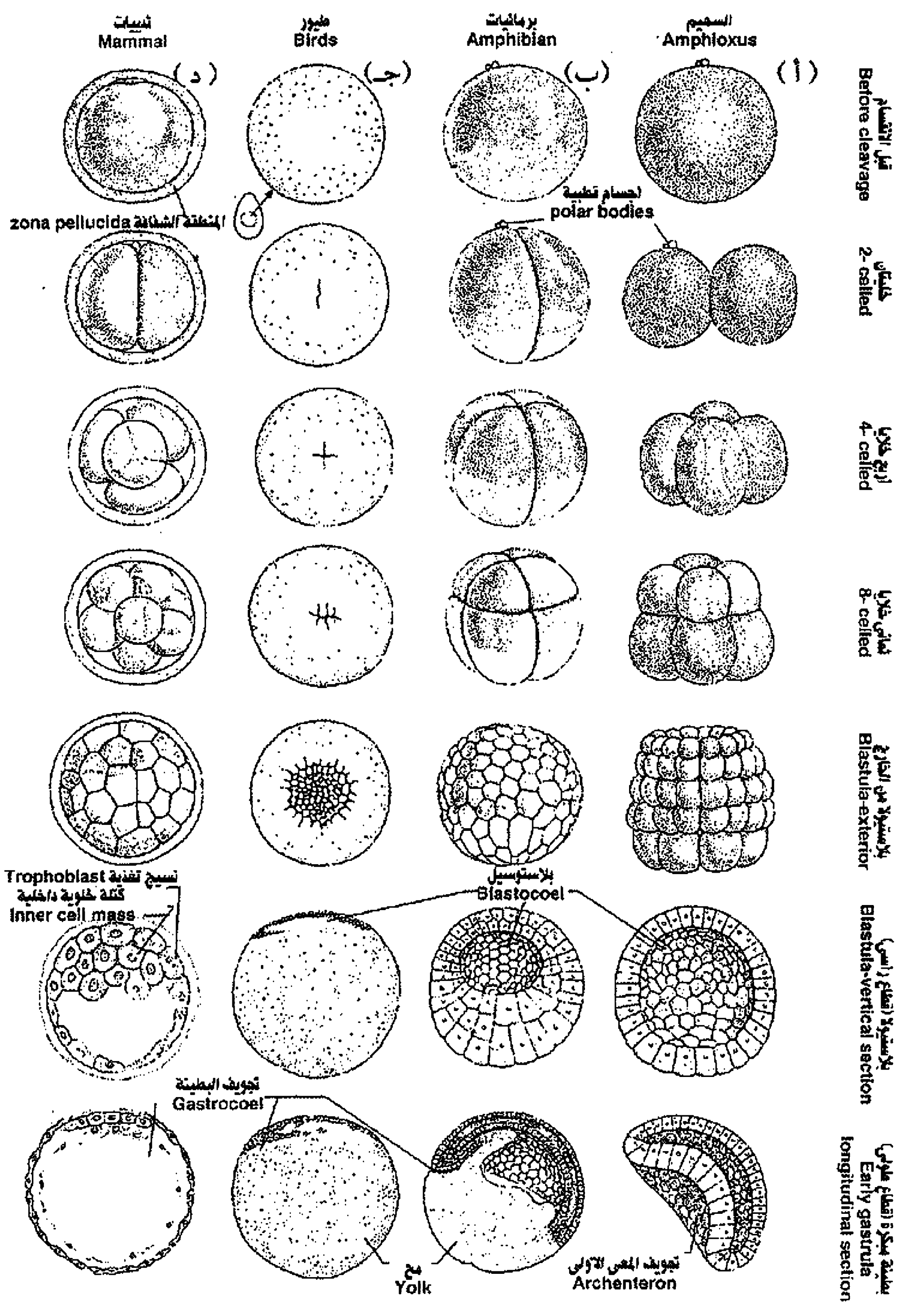
ويمثل شكل (٥-١١٣) مقارنة فى الانقسام وتكوين المفلجة والتبطين فى السهيم والبرمائيات والطيور والثدييات.

الطبقات الجرثومية Germinal layers

كما قلنا من قبل هى الإكتودرم والإندودرم والميزودرم. وتتكون منها أعضاء الجسم المختلفة، كل من طبقته الخاصة به، وقد يضاف إليها فيما بعد أجزاء من طبقات أخرى عند اكتمال تكون العضو فى الحيوان اليافع، مثلما تضاف أوعية دموية من ميزنكيم (ميزودرم) وأعصاب من الإكتودرم.

طبقة الإكتودرم تشمل الإكتودرم البشرى **epidermal ectoderm** الذى يكون بشرة الجلد ومشتقاتها، وإكتودرم عصبى **neurectoderm** الذى يتكون منه الجهاز العصبى المركزى.

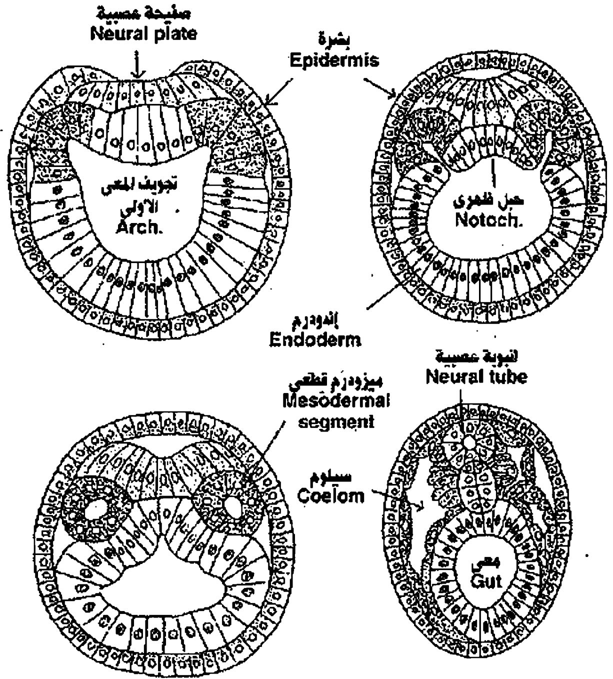
طبقة الإندودرم تمثل طلائية التجويف المعوى والأجزاء التى تتكون منها مثل الرئتين والكبد والبنكرياس والمثانة البولية.



شكل (٥-١١٣) رسومات توضح المقارنة فى الانقسام وتكوين البلاستيولا والبطينة بين السهيم والبرمائيات والطيور والثدييات

وطبقة الميزودرم يتكون منها الجهاز الدورى أوعيته وسائله، والجهاز العضلى والجهاز البولى التناسلى والنسيج الضام فى جميع أنحاء الجسم.

ويمثل شكل (٥-١١٤) قطاعات عرضية توضح تكوين الأعضاء الأساسية الأولية.



شكل (٥-١١٤) *قطاعات توضح تكوين الأعضاء الأولية الأساسية فى السهيم*

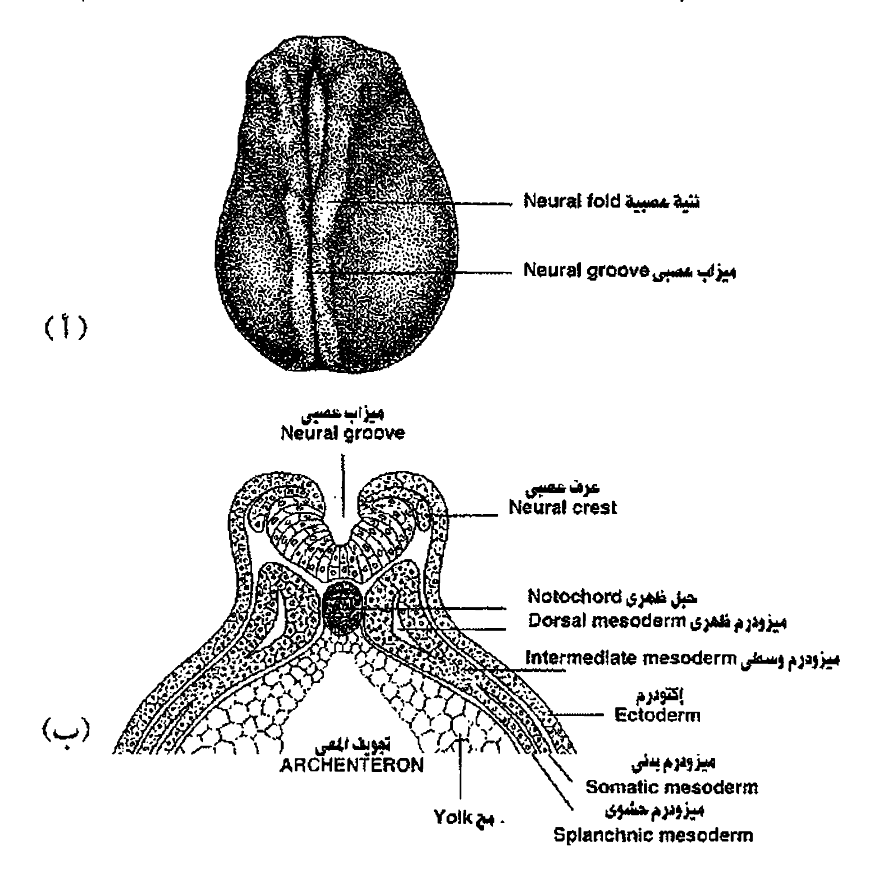
الطور العصبى نيوريولا Neurula

بعد عملية التبطين مباشرة، سرعان ما يبدأ الجهاز العصبى المركزى فى التكوين ليغير شكل البطينة إلى الطور العصبى تتحول فيه الطبقات الجرثومية الثلاثة إلى التركيبات الآتية:

١-الإكتودرم Ectoderm

عبارة عن إكتودرم عصبى فوق السطح الظهرى جهة الوسط، وإكتودرم بشرى يمثل بقية الطبقة الخارجية. يبدأ الإكتودرم العصبى فى السُمك ويغطس تدريجيا أسفل مستوى الإكتودرم ويسمى الآن الصفيحة العصبية **neural plate**. فى البرمائيات يرتفع طرفا الصفيحة العصبية، ثم يتجهان نحو الداخل حتى يلتقيا فى الخط الوسطى الظهرى؛

فتتحول الصفيحة العصبية إلى أنبوبة عصبية **neural tube** بها تجويف عصبى **neurocoel** (شكل ٥-١١٥). ويبقى طرفا الأنبوبة الظهريان متصلين بالإكتودرم البشرى على كلا الجانبين لفترة مكونين ثنيتين عصبيتين **neural folds**، يفصل بينهما خلايا تعرف بخلايا العرف العصبى **neural crest cells**، وتلك تهاجر نحو الداخل، على جانبى الأنبوبة العصبية ظهريا، ويتكون منها العقد العصبية **neural ganglia** الشوكية، ثم تهاجر نحو الجهة البطنية من الأنبوبة لتكون العقد السيمبتاوية. ثم ينفصل طرفا الأنبوبة العصبية عن طرف الإكتودرم البشرى، ويكونان شقا أو ميزابا عصبيا **neural groove** يظهر فوق الخط الوسطى من ظهر الطور العصبى، الذى لا يلبث أن يختفى بنمو الإكتودرم البشرى نحو الداخل، وتحاط النيوريولا كلية بالإكتودرم البشرى.



شكل (٥-١١٥) *تكوين النيوريولا فى الضفدع:*

(أ) النيوريولا قرب نهاية التبطين، كما تبدو من السطح الظهرى.

(ب) قطاع عرضى فى (أ) عند مستوى المعى الأوسط المستقبلى.

٢-الميزودرم Mesoderm

الميزودرم يشمل الميزودرم الحبلى **chordamesoderm** فى المنطقة الظهروسطية والميزودرم الأصلى **proper mesoderm** الذى يمثل بقية الطبقة الداخلية.

أ-الحبل الظهرى Notochord

أثناء تلك المراحل فى تكوين الأنبوبة العصبية، تنفصل خلايا نسيج الميزودرم الحبلى، التى تكون الجزء الوسطى من ظهر الأنبوبة الداخلية، وذلك بعد تجمعها فى صفيحة الحبل الظهرى **notochordal plate**، ثم فى جسم أسطوانى يمثل الحبل الظهرى **notochord**، ينفصل ويبقى أسفل الأنبوبة العصبية (شكل ٥-١١٤).

ب-الميزودرم الحقيقى Mesoderm proper

تنفصل خلايا الميزودرم المحورى **axial mesoderm** الذى يعطى القطع العضلية **somites**، والتى تترتب على جانبى الميزودرم الحبلى مكملة سقف الأنبوبة الداخلية، تنفصل بدورها وتترتب على جانبى الحبل الظهرى لتكون القطع الميزودرمية وبجوارها يمتد الميزودرم الطرفى الذى سبق وانفصلت خلاياه لتتجمع أسفل الإكتودرم البشرى أثناء عملية التبطين.

جـ-الإندودرم Endoderm

بعد انفصال خلايا الحبل الظهرى والميزودرم المحورى، فإن طرفى الأنبوبة الداخلية يمتدان نحو الداخل ليلتقيا أسفل الحبل الظهرى، فتتكون أنبوبة المعى **gut**، سقفها رقيق وقاعها مكدس بالخلايا المحية الكبيرة التى تمتلئ بحبيبات المح، والتى تمثل غذاء الجنين حتى فترة الفقس ثم تكوين أبى ذنيبة كما ذُكِرَ من قبل.

وبذلك تتكون التركيبات الأساسية فى جسم الجنين المبكر (شكل ٥-١١٤)، ثم تبدأ عملية تكون الأعضاء **organogenesis**.

وبذلك نكون قد سردنا نبذة مختصرة توضيحية، تلقى الضوء على تكوين الجنين في الفقاريات عند أطواره المبكرة.

GLOSSARY

A

A band **شريط A**

الشريط المعتم الذى يظهر بالتبادل مع الشريط المضىء فى القطاع الطولى للعضلة الهيكلية أو فى عضلة القلب.

abomasum **المعدة الرابعة (المنفحة)**

توجد فى الثدييات المجترة.

absorption **الامتصاص**

يتم فى منطقة الأمعاء حيث تنتقل نواتج الهضم من تجويف الأمعاء إلى الدورة الدموية.

acetabulum **التجويف الحقى**

وهو تجويف فى الحزام الحوضى فى الفقاريات تتمفصل فيه رأس عظمة الفخذ.

acetyl coenzyme A **الأستيل مساعد الإنزيم أ**

يتكون من ارتباط حامض البيروفيك بمساعد الإنزيم أ، كما يتم تكوينه أيضا من أكسدة بيتا للأحماض الدهنية.

acetylcholine **الأستيل كولين**

أحد النواقل العصبية.

acetylcholinesterase **الأستيل كولين أستيريز**

أنزيم يعمل على تكسير الناقل العصبى الأستيل كولين إلى حامض خليك وكولين.

acoelomate **لا سيلومى = لا جوفى**

وتطلق على الحيوانات التى لا تحتوى على تجويف حقيقى مثل الديدان المفلطحة والخرطوميات.

acoustic nerve **العصب المخى الأذنى**

acrodont dentition **أسنان سطحية**

تتصل بسطح الفك كما فى الأسماك العظمية.

acrosome **قمة المنية**

وهى الجزء الأمامى من الحيوان المنوى الذى يثقب البويضة أثناء الإخصاب.

أسماك شعاعية الزعانف **Actinopterygii**

وهى أسماك بهـا الزعانف غشائية تدعمـها أشعة زعنفيـة، ومنها معظم الأسماك العظمية التى تعيش حاليا فى البحار والأنهار.

شعيرات شوكية **actinotrichia**

وهى الأشعة الزعنفية البعيدة فى زعانف الأسماك.

جهـد الفعل **action potential**

التغيـر المؤقت الذى يحدث فى الجهد عبـر غشاء الخلية العصبـية حيث ينتقل من جزء عبر المحور إلى الجزء الذى يليه.

المنطقة النشطة (موقع الربط) **active site (binding site)**

توجـد على سطح البروتين وتُعـرف بمكان الارتبـاط وهى المسئـولة عن ارتباط الرابط بجزىء البروتين.

النقل النشط **active transport**

عـمليـة انتقـال الجـزيئات والأيونات من التـركـيز الأقل إلى التـركيـز الأعلى.

الأدنين **adenine**

أحد القواعد النيتروجينية فى جزىء الحامض النووى.

الجزء النخامى الغدى (انظر anterior pituitary) **adenohypophysis**

جزء من الغدة النخامية ويشمل الفص الأمامى والفص الأوسط، ويعرف أيضا باسم النخامية الأمامية (الجزء النخامى الأمامى).

الأدينوزين ثنائى الفوسفات **adenosine diphosphate (ADP)**

مركب يحتوى على رابطة واحدة ذات طاقة عالية.

الأدينوزين أحادى الفوسفات **adenosine monophosphate (AMP)**

مركب لا يحتوى على روابط ذات طاقة عالية.

الأدينوزين ثلاثى الفوسفات **adenosine triphosphate (ATP)**

مركب يحتوى على رابطتين ذات طاقة عالية.

انظر antidiuretic hormone **ADH**

خلايا دهنية **adipocytes**

توجد فى النسيج الضام الدهنى وتتميز بامتلائها بالدهن.

adipose tissue **نسيج دهنى**

أحد أنواع النسيج الضام ويحتوى على خلايا دهنية كثيرة ويوجد فى الأماكن التى يتراكم فيها الدهن.

ADP **انظر** adenosine diphosphate

adrenal cortex **قشرة غدة الكظر**

الجزء الخارجى من غدة الكظر وتقوم بإفراز ثلاث مجموعات من الهرمونات الستيرودية، وهى الهرمونات الخاصة بالسكريات وأخرى خاصة بالمعادن بالإضافة لهرمونات الجنس.

adrenal gland **غدة الكظر**

غدة مزدوجة تقع كل واحدة منهما قريبا من الكلية أو فوقها، وتتركب من جزء خارجى يسمى القشرة وجزء داخلى يسمى النخاع.

adrenal medulla **نخاع غدة الكظر**

الجزء الداخلى من غدة الكظر ويفرز هرمونى الأدرينالين والنورأدرينالين.

adrenaline (epinephrine) **الأدرينالين**

هرمون يُفرز من نخاع غدة الكظر وهو أحد مركبات الكاتيكول أمينات ويلعب دورا كناقل عصبى أيضا.

adrenergic **النهايات الأدرينيرچية**

نهايات محاور الخلايا العصبية والتى ينطلق منها الناقل العصبى الأدرينالين أو النورأدرينالين.

adrenocorticotropic hormone (ACTH) **الهرمون المحفز لقشرة غدة الكظر**

هرمون يفرز من الجزء النخامى الغدى وينظم نشاط قشرة غدة الكظر.

aerobic **هوائى**

تُقصد بها العمليات التى تتم فى وجود الهواء أو الأكسچين مثل دورة كربس والتى تعرف باسم دورة الأكسدة الهوائية.

afferent arterioles **الشرينات الواردة**

أوعية فى الكلية تنقل الدم من الشرايين إلى الكبيبات.

afferent branchial vessels أوعية بلعومية واردة

ترد إلى البلعوم من الأبهـر البطنى فى الأسماك للتزود بالأكسـجين من الخياشيم.

afferent neuron خلية عصبية واردة

خلية عصبية يقع جسمهـا خارج الجهاز العصبى المركزى وتحمل الإشارة العصبية من المستقبلات الحسية إلى الدماغ أو الحبل الشوكى.

affinity قوة الارتبـاط (الألفة)

مـقدرة ارتبـاط الرابط على سطح البـروتين وتعنى مـدى قوة الارتبـاط بينهما.

afterfeather ريشة بعدية

وهى ريشة محيطيـة أو شوارب تنشأ جانبيا عند النقـرة السرية العليا فى الريش المحيطى.

Agnatha عديمة الفكوك

وهى الفقاريات اللافكية سواء المندثرة منها مثل الأوستراكودرمى أو التى تعيش حاليا مثل دائريات الفم ومنها الجلكى.

allantois السجق (المـبار)

وهو أحد الأغشية الجنينية فى الرهليات، ويتكون كبروز خلفى من القناة الهضـميـة ويعمل مع الكوريون على تكوين جـزء المشيمـة الجنينى فى الثـدييات، أو كـعضو تـنفسى، كـما تتـجمع فـيه مواد الإخـراج فى الزواحف والطيور.

alligator القاطور (التمـساح الأمريكى)

يشبه التمساح النيلى مع اختلافات بسيطة فى البوز وبعض الأسنان.

alveolus حويصلة هوائية

تجويف صغـير ذو جدار رقيق مملوء بالهواء يوجـد على شكل جيب فى نهاية الممر الهوائى فى الرئة.

ambulacrum (pl-ambulacra) ممشاه

مناطق شعاعية توجد فى شوكيات الجلد تبرز منها الأقدام الأنبوبية.

ameloblasts خـلايا المينا

تفرز طبقة المينا على سطح الأسنان وهى خلايا بَشْرية.

amino acid **حامض أمينى**

جزىء يحتوى على مجموعة أمينية NH_2 - ومجموعة كاربوكسيل COOH - بالإضافة إلى سلسلة جانبية تحتوى على ذرة كربون. وهو وحدة بناء البروتينات.

amino group ($-NH_2$) **مجموعة أمينية**

مجموعة تحتوى على النيتروجين وتوجد فى الأحماض الأمينية وأحاديات الأمين ومشتقاتها.

aminopestidases **الأمينو ببتيديزات**

أنزيمات توجد في الأغشية الطلائية للأمعاء وتساعد فى تكسير الروابط الببتيدية الموجودة على أطراف المركبات الببتيدية والقريبة من المجموعة الأمينية.

ammonia (NH_3) **أمونيا**

تتكون أثناء تكسير الأحماض الأمينية وتتحول فى الكبد إلى بولينا.

amnion **غشاء الرهل (السلى)**

أحد الأغشية الجنينية فى الرهليات، ويحيط بالجنين مكونا تجويفا حوله ممتلئا بالسائل الرهلى.

amoebocyte (amebocyte) **خلية أميبية**

خلية حرة قادرة على الحركة الأميبية بالأقدام الكاذبة.

amphiblastula **البلاستولة المزدوجة**

طور يرقى حر لبعض الإسفنجيات البحرية، وهى شبيهة بالبلاستولة، ولكن خلايا القطب الحيوانى هى التى تحمل أسواطا دون القطب الخضرى.

amphicoelous **مقعرة الوجهين**

مثل فقرات كلب السمك والأسماك العظمية.

amphid **الأمفيد**

عضو حسى يقع فى المنطقة الأمامية للديدان الخيطية.

Amphioxus **السهيم**

حيوان حبلى يتبع طائفة رأس حبليات، ويستمر فيه الحبل الظهرى مدعما للجسم طوال الحياة.

Amphisbaenia **تحت رتبة السحالى ثنائية الحركة**

وهي تشبه الديدان بدون أطراف والأعين ضامرة وتعيش دائما في خنادق متفرعة تحفرها ولها القدرة على الحركة المزدوجة أماما وخلفا وبنفس الكفاءة عند وجود عائق فى الخندق.

amylase **الأميليز**

أنزيم يساعد على تكسير أو هضم النشا مكونا ثنائيات التسكر وعديدات تسكر صغيرة.

anemia **الأنيميا**

نقص فى كمية هيموجلوبين الدم.

angiotensin I **أنچيوتنسين ١**

مركب ببتيدى ينشأ فى الدم من الأنچيوتينسينوچين بواسطة هرمون الرنين.

angiotensin II **أنچيوتنسين ٢**

هرمون ببتيدى يتكون بنزع حامضين أمينيين من أنچيوتنسين ١ ويعمل على تحفيز قشرة غدة الكظر لإفراز هرمون الألدوستيرون.

angiotensinogen **أنچيوتنسينوچين**

بروتين بلازمي يتحول إلى الأنچيوتنسين ١ فى الدم بواسطة هرمون الرنين الذى يفرز من الكلية.

anisogametes **أمشاج (جاميطات) غير متساوية**

أمشاج أحد أنواع الحيوان والتى تختلف فيما بينها فى الشكل والحجم.

annulus **حلقة**

تركيب حلقى كالحلقات السطحية لدودة العلق.

antebrachium **الذراع الأمامية**

فى هيكل طرف رباعيات القدم.

antelers **القرون المشعبة**

وهى عبارة عن عظم متفرع يلتصق بالعظم الجبهى، ويوجد عادة فى ذكور فصيلة الأيائل.

antenna **قرن استشعار = زباني**

زائدة حسية على رأس مفصليات الأرجل، وفي القشريات هي الزوج الثاني من قرني الاستشعار.

anterior cardinal vein **وريد رئيسي أمامي**

يحمل الدم من الأمام نحو القلب.

anterior choroid plexus **الضفيرة المشيمية الأمامية**

وهي شبكة شعيرات دموية في سقف الدماغ البيني.

anterior pituitary **النخامية الأمامية (انظر adenohypophysis)**

جزء من الغدة النخامية يُعرف أيضا باسم الجزء النخامي الأمامي ويُنتج ستة هرمونات جميعها بروتينية التركيب، خمسة من هذه الهرمونات تنظم عمل غدد صماء أخرى في الجسم.

anterior vena cava **وريد أجوف أمامي**

يحمل الدم من الأمام نحو القلب في رباعيات القدم.

antibody **جسم مضاد**

بروتين يُفرز بواسطة الخلايا البلازمية وله القدرة على الارتباط بمولد الإلصاق (أنتيجين).

antidiuretic hormone (ADH) [vasopressin] **الهرمون المضاد لإدرار البول**

هرمون ببتيدي يتكون في منطقة تحت المهاد في المخ وينطلق من الجزء النخامي الغدي ويعمل على زيادة إدرار البول من الكلية وعندما يزيد في الدم عن المعدل الطبيعي يؤثر في ضغط الدم.

antigen **المولد المضاد (أنتيجين)**

جزيء بروتيني غريب يُحفز استجابة مناعية خاصة ضده عند دخوله الجسم.

antrum (pyloric antrum) **الغار**

١- الجزء السفلي من المعدة أي القريب من الجزء البوابي (pyloric antrum).

٢- في مبيض الثدييات ويمتلئ بالسائل الحويصلي.

Anura **رتبة البرمائيات عديمة الذيل**

مثل الضفادع والعلاجم.

الأورطى **aorta**

أكبر شريان فى الجسم، ويحمل الدم من البطين الأيسر للقلب إلى منطقتى الصدر و البطن.

المركّب القمى **apical complex**

مجموعة من العضيات فى شعبة الابيكومبلكسا (Apicomplexa) من الحيوانات الأولية.

رتبة البرمائيات عديمة الأطراف **Apoda**

وهى تشبه الديدان وتعيش فى المناطق الاستوائية.

ثقب زفيرى **apopyle**

فتحة القناة الشعاعية - والتى يخرج منها تيار الماء فى التجويف الإسفنجى للإسفنجيات.

المعى الأولى **archenteron**

وهو تجويف الجاسترولة.

خلايا قديمة = بدائية **archeocytes**

خلايا أميبية توجد فى الطبقة المتوسطة لجدار جسم الأسفنج وذات وظائف متعددة.

أركيوبتركس (الطائر القديم) ***Archeopteryx***

وهو مندثر وكان مُغطى بالريش وبه أسنان وبعض عظامه كانت تشبه عظام الزواحف مما يؤكد نشأة الطيور من الزواحف.

الطيور القديمة **Archeornithes**

طويئفة من الطيور البائدة كانت تعيش فى العصر الميزوزوى، وتكون حلقة بين الزواحف والطيور الحديثة، عُرف من هذه الطويئفة جنس واحد فقط.

شرينات (الشرايين الصغيرة) **arterioles**

الأوعية الدموية التى تقع بين شريان وشعيرات دموية.

شريان **artery**

وعاء دموى مرن ذو جدار سميك يحمل الدم بعيدا عن القلب (أى يحمل الدم من القلب إلى أجزاء الجسم المختلفة).

Artiodactyla الحافريات زوجية الأصابع = حافريات متساوية الأصابع

مثل الجمل والخنزير والأغنام والماشية وهى آكلة عشب.

ascending limb الفرع الصاعد

فرع من فرعى هنلى فى النيفرون التى هى وحدة تكوين البول فى الكلية.

Ascidia ثجاجات (ذيلحبلية) = الأسيديات - القربيات

وهى حبليات أولية بها حبل ظهرى فى ذيل اليرقة يختفى عند التحور للطور اليافع.

asconoid إسكونى

طرز من أبسط أنواع الأسفنج.

atherosclerosis انسداد شريانى

مرض يتميز بأن جدار الشريان يكون سميكا نتيجة وجود ألياف عضلية رقيقة غير طبيعية أو لوجود ترسيبات لمادة الكولستيرول داخل الشريان.

atmospheric pressure الضغط الجوى

ضغط الهواء فى البيئة الخارجية المحيطة بالكائن ويقدر بـ ٧٦٠ مم/ زئبق.

atoke عقيم

القسم الأمامى غير المخصب فى الديدان البحرية عديدة الأهلاب، ويتميز عن الجزء الخلفى المخصب (الذى يتناسل) خلال موسم التكاثر، مثل ما هو موجود فى الهتيرونيريس.

ATP انظر adenosine triphosphate

ATPase أنزيم الأدينوزين ثلاثى الفوسفاتيز

أنزيم يعمل على تكسير مركب الأدينوزين ثلاثى الفوسفات إلى الأدينوزين ثنائى الفوسفات وتنطلق طاقة.

atriopore فتحة البهو

فى بعض الحبليات مثل الثجاجات والسهيم، ويمثل مخرج البهو ليخرج منه الماء بعد مروره على الخياشيم وكذلك بعض مواد الإخراج.

atrioventricular (AV) node **العقدة الجيب أذينية**

نسيج عـضلى خاص يوجد عند قاعـدة الأذين الأيمن فى القلب وقريب من الحـاجز الفـاصل بين الأذين الأيمن والبطين الأيمن حيث يمر خـلاله النشاط الكهربى من الأذينين إلى البطينين.

atrium **أذين**

١- أحد حجرات القلب والذى يستقبل الدم من الأوردة ثم يُمرره إلى البطين.

٢- البهـو: ويوجد فى بعض الحبـليات مثل الأسـيديا والسهـيم حيث يخرج منه الماء.

auditory **سمعى**

مرتبط بحاسة السمع.

auricle **انظر** atrium

auricularia **اليرقـة الأذينية = أوريكولاريا**

إحدى اليـسـرقات التى توجد فى تاريـخ حياة خـيار البحـر (شوكـيات الجلد).

autonomic nervous system **الجهاز العـصبى الذاتى (اللاإرادى)**

جـزء من الأعصـاب الطرفـية الصـادرة ويتكون من الجـهـاز العصـبى السمبتاوى والجهاز العصبى الجارسمبتاوى.

autotrophic nutrition **تغذية ذاتية**

أحد أنواع التـغذية الذى يستخـدم فيهـا الكائن الحى مواد غير عـضوية بسيطة، لتكوين مركبات عضوية، كما فى النباتات الخضراء والسوطيات النباتية.

AV node **انظر** atrioventricular node

AV valve **انظر** atrioventricular valve

axon **المحور**

أحد التفرعـات الذى يمتد من جسم الخلية العصبيـة ويعمل على انتشار فعل الجهد بعيدا عن جـسم الخلية ويكون محاطا بخلية شوفان وعندئذ يُطلق عليه اسم الليفة العصبية.

خيط محورى **axoneme**

أنيبوبات دقيقة فى الهدب أو السوط، وتترتب عادة فى حلقة من ٩ أزواج، تحيط بزوج مركزى، وتطلق أيضا على الأنيبوبات الدقيقة فى القديمة المحورية axopodium.

قديمة محورية **axopodium (axopod)**

قدم كاذب طويل رفيع دائم، ويوجد فى بعض الحيوانات الأولية من شعيبة اللحميات.

B

الخلايا الليمفية البائية **B lymphocytes**

كريات بيضاء ليمفية لها المقدرة على الانقسام والتميز إلى خلايا تكون أجساما مضادة.

البالين = مصفاة الحوت **baleen**

وهى صفائح عديدة رقيقة وعريضة من الطلائية الفمية فى الحيتان عديمة الأسنان، وهى معلقة فى سقف الحلق، وتعمل على تصفية الطعام من الماء المار خلالها.

جسم قاعدى = جسم حركى **basal body = kinetosome**

حلقة من تسع ليفات من الأنيبوبات الدقيقة توجد فى قاعدة السوط أو الهدب.

صفيحة قاعدية **basal plate**

تمثل جزء القشرة السنية المنغرس فى أدمة الجلد فى الأسماك الغضروفية.

الغشاء القاعدى **basement membrane**

غشاء بروتينى رقيق متصل بغشاء معظم الخلايا الطلائية وعادة ترتكز عليه الأنسجة الطلائية.

غشاء قاعدى **basilar membrane**

يمتد فوقه عضو كورتى السمعى فى الأذن الداخلية للثدييات.

كريات بيضاء قاعدية **basophils**

أحد أنواع الكريات البيضاء المحببة حيث تُصبغ حبيباتها بالأصباغ القاعدية.

bicipital rib — **ضلع ثنائى الرأس**

ضلع له بروزان يتصل بهما مع الفقرات.

Bidder's organ — **عضو بيدار**

وهو جزء أمامى صغير من خصية البرمائيات، وبه خلايا تناسلية غير مميزة.

bile — **العصارة الصفراوية (عصارة الصفراء)**

سائل يُفرز بواسطة الكبد ويحتوى على أملاح الصفراء وكولستيرول وليستين وأصباغ الصفراء وأيضا بعض العناصر النادرة.

binding site — انظر active site

binocular vision — **رؤية مزدوجة الإبصار**

وتوجد فى الرئيسيات، وتحدث استقبالا للعمق.

bipedal locomotion — **الحركة ثنائية القدم**

كما فى الطيور وبعض الثدييات.

bipolar neuron — **خلية عصبية ذات قطبين**

أحد أنواع الخلايا العصبية وتوجد فى شبكية العين.

blastocyst — **حوصلة البلاستيولة**

كما فى الثدييات.

blastula — **البلاستيولة = المفلجة**

تتكون عند انقسام البويضة الملقحة حيث تتحول الخلية الواحدة إلى كرة تحتوى على صف واحد من الخلايا.

blood-brain barrier — **الحاجز الدموى الدماغى**

مجموعة من الحواجز التشريحية والفسيولوچية والتى تحدد عملية انتقال المواد من الدم إلى خلايا الدماغ من حيث الكم ومعدل الانتقال.

bone marrow — **نخاع العظم**

نسيج غنى بالأوعية الدموية يوجد فى تجويف معظم العظام وهو مكان تصنيع كريات الدم الحمراء والبيضاء والصفائح الدموية.

Bowman's capsule — **محفظة بومان**

كيس فى بداية الوحدة البولية فى الكلية.

brachium **الذراع العليا**

فى هيكل الطرف الأمامى لرباعيات القدم.

brainstem **جذع الـدماغ**

جـزء من الدمـاغ ويشـتـمل على الدمـاغ الأوسط والـقنطرة والنخـاع المستطيل. ويقع بين الدماغ الأمامى والحبل الشوكى.

bronchiole **الشعيبـة الهوائية**

فرع صغير من الشعبة الهوائية (ممر هوائى فى الرئة).

bronchus **الشعبة الهوائية**

ممر هوائى كبير يمر إلى الرئـة حيث يقع بين القصبة الهوائية والشـعيبات الهوائية.

bulbus arteriosus **بصيلة شريانية**

تمثل انتفـاخا عند مخـرج الأبهر البطنى من القلب فى أجنة الفـقاريات والأسماك اليافعة.

C

calcitonin **الكالسيتونين**

هرمون ببـتيدى يُفـرز عن طريق الخلايا المنتـشرة بين حويصـلات الغدة الدرقية ويلعب دورا فى تنظيم مستوى الكالسيوم فى الدم.

calmodulin **كالموديولين**

بروتين يوجد داخل الخلايا ويرتبط بالـكالسيوم ويلعب دورا فى انطلاق النواقل العصبية من نهايات الخلايا العصبية.

calorie (cal.) **السعر الحرارى**

وحدة قـياس الطاقة الحـرارية ويُقدر بكمـية الحرارة اللازمـة لرفع درجة حرارة واحد جرام من الماء درجة واحدة مئوية.

Cambrian period **العصر الـكمبرى**

أول عصر فى الحقب القديم.

cancer **سرطان**

تكاثر ونمو الخلايا عشوائيا، مما يؤدى إلى تكوين أورام خبيثة.

canines **أنيـاب**

وهى الأسنان التى تمزق الطعام على جانبى القواطع فى أسنان الثدييات، وتكون كبيرة وقوية فى حالة آكلات اللحوم مثل الكلب والقط.

capillary **شعيرة دموية**

أصغر الأوعية الدموية.

capitulum **رؤيس**

١- تراكيب صغيرة فى مقدم الجسم تشبه الرأس فى عديد من الكائنات، وضمنها بروز فى جسم القراد والحلم يحمل أجزاء الفم.

٢- رأس الضلع الذى يتصل به مع الفقرات.

carapace **القصعة = الدرقة**

وهى الغطاء العظمى القرنى للسلحفاة.

carbohydrate **كربوهيدرات**

مادة تحتوى على كربون وهيدروجين وأكسجين وعدد ذرات الهيدروجين فى الجزىء ضعف عدد ذرات الأكسجين.

carbon dioxide (CO_2) **ثانى أكسيد الكربون**

أكثر النواتج الإخراجية لعمليات التمثيل الغذائى.

carbon monoxide (CO) **أول أكسيد الكربون**

غاز يرتبط بالهيموجلوبين فى نفس مكان ارتباط الأكسجين.

carbonic acid (H_2CO_3) **حامض الكربونيك**

حامض ينتج من اتحاد الماء مع ثانى أكسيد الكربون.

carbonic anhydrase **أنزيم الكربونيك أنهيدريز**

أنزيم يساعد على ارتباط الماء بغاز ثانى أكسيد الكربون لتكوين حامض الكربونيك.

Carboniferous period **العصر الكربونى**

أحد عصور الحقب القديم.

Carboxyl group (-COOH) **مجموعة كربوكسيل**

carboxypeptidase **أنزيم الكربوكسى ببتيديز**

أنزيم يُفرز من البنكرياس ويتجه إلى الأمعاء الدقيقة عن طريق القناة البنكرياسية ويعمل على تكسير الروابط الببتيدية الطرفية والتى تكون قريبة من مجموعة الكربوكسيل فى جزىء البروتين أو عديد الببتيد.

cardiac **قلبى**

إشارة إلى القلب.

cardiac output **الدفع القلبى**

حجم الدم الذى يندفع من القلب فى الدقيقة.

cardiac muscles **العضلات القلبية**

العضلات المكونة لجدار القلب.

cardiovascular center **المركز الوعائى القلبى**

مجموعة الخلايا العصبية فى جذع الدماغ والتى تُنظم عمل القلب والأوعية الدموية (أى تنظم انقباض عضلة القلب والعضلات اللاإرادية فى الأوعية الدموية).

cardiovascular system **الجهاز الوعائى القلبى**

الجهاز الذى يشتمل على القلب والأوعية الدموية المتصلة به.

carina **رافدة أو حيد**

وهى بروز رأسى للقص فى الطيور، يُكوِّن معه تجويفا يضم عضلات الطيران القوية على جانبيه.

Carinata **مجموعة الطيور سهمية القص**

وتشمل معظم الطيور المألوفة الطيارة.

Carnivora **آكلات اللحم**

رتبة من الثدييات مثل الكلب والقط والنمر والأسد.

carotid artery **الشريان السباتى**

شريان يوجد فى منطقة العنق ويحمل الدم إلى منطقة الرأس.

carotid-body chemoreceptors **المستقبلات الكيميائية للجسم السباتى**

مستقبلات حسية تقع قريبة من التفرع الرئيسى للشريان السباتى وهى حساسة للضغط الجزئى لكل من الأكسچين وثانى أكسيد الكربون وتركيز أيونات الهيدروچين فى الدم.

carotid sinus **الجيب السباتى**

انتفاخ يوجد على الشريان السباتى الداخلى حيث توجد المستقبلات الكيميائية للجسم السباتى.

carpals **العظم الرسغى**

من عظيمات طرف رباعيات القدم.

carpus — **المعصم أو الرسغ**

منطقة فى طرف رباعيات القدم.

catalyst — **عامل مساعد**

المادة التى تساعد فى إتمام التفاعل ولا تتأثر بهذا التفاعل.

catecholamines — **الكاتيكول أمينات**

مركبات كيميائية ضمن النواقل العصبية وتحتوى على مجموعة أمينية وتشمل كلا من الدوبامين والأدرينالين والنورأدرينالين.

Caudata — **الذيليات**

رتبة من البرمائيات منها السلامندر والنيوت.

CCK — انظر cholecystokinin

cecum = caecum — **أعور**

وهو امتداد مغلق من القناة الهضمية.

cell — **خلية**

وحدة التركيب والوظيفة لكل الكائنات الحية.

cell organelles — **عضيات الخلية**

محتويات دائمة الوجود داخل الخلية ومحاطة بغشاء يشبه غشاء الخلية وتلعب دورا مباشرا فى التمثيل الغذائى.

Cenozoic Era — **الحقب الحديث**

وهو آخر حقب فى الأزمنة الجيولوجية وأقصرها، تنوعت فيه الطيور والثدييات، ولذلك يسمى زمن الثدييات.

central nervous system (CNS) — **الجهاز العصبى المركزى**

يتكون من الدماغ والحبل الشوكى.

centriole — **الجسيم (الحبيبة) المركزى**

جسم صغير يقع داخل سيتوبلازم الخلية قريبا من النواة ويؤدى دورا هاما فى انقسام الخلية.

centrolecithal eggs — **بيض مركزى المح**

كما فى المفصليات ومنها الحشرات.

centrum — **جسم الفقرة**

وهو الجزء السميك المصمت من الفقرة.

Cephalochordata **الرأسحبليات**

وهى تحت طائفة من الحبليات، يمتد فيها الحبل الظهرى أماما حتى منطقة البوز، كما فى السهيم.

ceratohyal cartilage **الغضروف القرنى اللامى**

وهو الجزء الأسفل من القوس اللامى.

ceratotrichia **شعيرات قرنية**

وهى الأشعة الزعنفية فى زعانف الأسماك الغضروفية.

cerebellum **المخيخ**

جزء من الدماغ الخلفى ويقع أسفل الدماغ الأمامى وأعلى جذع الدماغ ويعمل أساسا على حفظ التوازن.

cerebral cortex **قشرة المخ**

طبقة من الخلايا سمكها رقيق جدا تغطى المخ.

cerebral hemispheres **النصفان الكرويان**

جزء من الدماغ الأمامى والمحتوى على قشرة المخ.

cerebrospinal fluid (CSF) **السائل المخى الشوكى**

سائل يوجد فى بطينات الدماغ وفى المساحة الموجودة تحت الأغشية العنكبوتية المحيطة بالدماغ والحبل الشوكى.

cervical vertebra **فقرة عنقية**

من فقرات الرقبة فى الرهليات.

Cetacea **الحوتيات: القيطسيات**

فصيلة من الثدييات المائية.

chelipeds **أرجل كلابية**

الزوج الأول من الأقدام ذات الكلابات فى معظم القشريات وهو متخصص فى القبض على الفرائس.

Chelonia **كيلونيا**

رتبة من الزواحف وتضم السلاحف الأرضية والمائية، تحيط بأجسامها دروع عظمية وقرنية.

chemical specificity **الخاصية الكيميائية**

خاصية لمكان الارتباط الموجود فى جزىء البروتين حيث لا يرتبط به سوى رابط أو جزىء واحد.

chemical synapse **التشابك العصبى الكيميائى**

تشابك بين الخلايا العصبية حيث تنتقل الإشارة العصبية من نهاية خلية عصبية إلى خلية أخرى بانطلاق مادة كيميائية تسمى الناقل العصبى.

chemoreceptors **المستقبلات الكيميائية**

بعض من نهايات عصبية واردة أو خلايا مستقلة مرتبطة بهذه النهايات تتأثر (حساسة) لتركيزات مواد كيميائية معينة.

chief cells **الخلايا الرئيسية**

خلايا غدية معدية تفرز مادة الببسينوچين غير النشط الذى يتحول بعد ذلك إلى أنزيم الببسين النشط.

Chiroptera **الخفاشيات**

وهى رتبة من الثدييات الولودة، أطرافها الأمامية متحورة إلى أجنحة تستخدمها للطيران.

chitin **كيتين**

مادة قرنية تتكون من سكريات عديدة نيتروچينية لا تذوب فى الماء أو الكحول أو الأحماض المخففة أو العصارات الهاضمة لمعظم الحيوانات، وهى تكون جزءًا من جليد (cuticle) مفصليات الأرجل.

chlorogogen cells **الخلايا الصفراء أو الخضراء**

خلايا بروتينية متحورة خضراء أو بنية اللون، تتجمع حول القناة الهضمية فى بعض الديدان الحلقية، وتساعد فى التخلص من الفضلات النيتروچينية ونقل الطعام.

choana **كؤانا (فتحة المنخار الداخلية)**

فى رباعيات القدم وتمثل فتحة الكيس الشمى فى سقف الحلق.

choanocyte **خلية مطوقة قمعية**

إحدى الخلايا السوطية المطوقة التى تبطن تجاويف وقنوات الأسفنج.

cholecystokinin (CCK) **كوليسستوكينين**

هرمون ببتيدى يُفرز من خلايا موجودة فى الجزء العلوى من الأمعاء الدقيقة ويعمل على تنظيم حركة الأمعاء وإفرازاتها وانقباض الحويصلة المرارية.

cholesterol كولستيرول

أحد المركبات الستيرودية وتتكون منه الهرمونات الستيرودية وأملاح عصارة الصفراء وبعض محتويات أغشية الخلايا.

cholinergic كولينرچيه

إشارة إلى الناقل العصبى الأستيل كولين.

cholinesterase انظر acetylcholinesterase

Chondrichthyes الأسماك الغضروفية

وهى طائفة الأسماك ذات الهيكل الغضروفي، مثل أسماك القرش والقوبعيات.

chondrocranium جمجمة غضروفية = قحْف غضروفي

وتمثل جمجمة أجنة الفقاريات، وتبقى غضروفية فى حالة الأسماك الغضروفية اليافعة.

chordamesoderm ميزودرم الحبل الظهرى

جزء من الميزودرم فى الجنين يكون الحبل الظهرى فى الحبليات.

Chordata الحبليات = المحبولات

شعبة الحيوانات ذات الحبل الظهرى، الذى قد يحل محله عمود فقرى فى الفقاريات اليافعة.

chorion الكوريون = السلى

أحد الأغشية الجنينية الخارجية، ويكون مع الممبار المشيمة الجنينية فى الثدييات المشيمية الحقيقية.

choroid المشيمية

طبقة داكنة تحيط بكرة العين ومزودة بأوعية دموية للتغذية.

chromatid كروماتيد

عند تضاعف الكروموسوم خلال عملية انقسام الخلية فإنه يشتمل على كروماتيدين.

chromatin كروماتين

ينتج من ارتباط الحامض النووى الذى أوكسى ريبوزى (الدنا) والبروتينات داخل النواة حيث يوجد في الكروموسومات.

chromosome **كروموسوم**

الأجزاء الكروماتينية التى تظهر داخل نواة الخلية خلال عملية الانقسام وتحمل الصفات الوراثية، وعددها محدود وأشكالها ثابتة لكل نوع من الكائنات الحية.

chylomicron **كيلوميكرون**

نقيطات صغيرة من الليبيدات تحتوى على جلسريدات ثلاثية وفوسفوليبيدات وكولستيرول وأحماض دهنية وأيضا بروتينات حيث تنطلق من الخلايا الطلائية للأمعاء وتصل إلى الأوعية الليمفية خلال امتصاص الدهن.

chyme **الكيموس**

محلول الغذاء الذى لم يتم هضمه بالكامل ويوجد في تجويف المعدة والأمعاء.

chymotrypsin **كيموتربسين**

أنزيم يُفرز ضمن العصارة البنكرياسية فى صورة غير نشطة يسمى الكيموتربسينوچين. ويعمل على تكسير الروابط الببتيدية فى البروتينيات وعديد الببتيدات.

cilia **أهداب**

نتوءات رفيعة متصلة بأسطح خلايا طلائية خاصة.

cirrus **ذؤابة**

عضو السفاد الذكرى فى بعض اللافقاريات، وأيضا تُطلق على عضلة تشبه الشعر على زوائد الحشرة، أو عضو حركة من أهداب مندمجة.

citric acid cycle انظر Krebs cycle

claspers **قوابض**

مثل القوابض التناسلية فى ذكر القرش على السطحين الداخليين للزعنفة الحوضية، ويستعمل أحدهما فقط عند التسافد.

clavicle **عظمة الترقوة**

وهى أحد مكونات الحزام الصدرى فى الفقاريات.

مخلب **claw**

طبقة قرنية فوق العقل الطرفية لأصابع أطراف الزواحف والطيور ومعظم الثدييات.

المجمع = المذرق **cloaca**

وهى الغرفة الخلفية من القناة الهضمية فى كثير من اللافقاريات وبعض الفقاريات التى تتجمع فيها النواتج البرازية، والبولية والتناسلية، وأحيانا تعمل كقناة تنفسية أيضا كما فى خيار البحر.

كلون = نسيلة **clone**

مجموعة كائنات تتشابه فى الصفات الوراثية (متماثلة وراثيا).

خلية لاسعة **cnidocyte**

خلية بينية متحورة، تحتوى على الحوصلة الخيطية.

انظر central nervous system **CNS**

العصعص **coccyx**

ويمثل التحام الفقرات الذيلية الأخيرة فى الإنسان.

القوقعة **cochlea**

الجزء الملتف للأذن الداخلية للثدييات ويختص بالسمع.

عديمة الأطراف فى البرمائيات **Coecelia**

رتبة من البرمائيات وتشبه الديدان وتعيش فى المناطق الاستوائية.

مساعد الأنزيم **coenzyme**

جزىء عضوى غير بروتينى يساعد الأنزيم فى أداء وظيفته أى يعمل كعامل مساعد.

عامل مساعد **cofactor**

مادة غير بروتينية (عادة أيون معدنى) يرتبط بالأنزيم وهو ضرورى لكى يؤدى الأنزيم وظيفته.

كولاچين **collagen**

بروتين يوجد فى صورة ألياف وهو أحد أنواع ألياف النسيج الضام.

عقدة ذاتية جانبية **collateral ganglia**

بعيدة عن العمود الفقرى وتتبع الجهاز العصبى الذاتى.

collecting tubules **أنيبوبات كلوية مجمعة**

تصب فيها الأنابيب الكلوية، ثم تفتح فى قناة الكلية أو الحالب.

colon **القولون**

وهو جـزء من الأمعـاء الغلاظ، ويشـمل الجزء الأسـاسى من الأمعـاء الغلاظ فى الفقاريات.

columella auris **عويمد سمعى**

الجزء العظمى مـن الأذن الوسطى الذى يوصل الذبذبات من طبلة الأذن إلى الأذن الداخلية.

common cardinal vein **الوريد الرئيسى العام**

يتكون من اتحاد الوريد الرئيسى الأمامى مع الخلفى.

concentration gradient **تدرج التركيز**

تفاوت التركيز الموجود بين منطقتين (بين داخل وخارج الخلية مثلا).

cone **مـخـروط**

أحد نوعى مـستقـبلات الإبصار فى شـبكية العين ويحتـوى على صبغ الإبصار كون أوبسين.

connective tissue **نسيج ضام**

أحد أنواع أنسجة الجسم الرئيسية والذى يعمل على ربط وتدعيم أعضاء وأجهزة الجسم.

connective tissue cells **خلايا النسيج الضام**

خلايا تخصصت لتكوين وإفراز عـناصر النسيج الضام الأخرى أى المادة الأرضية المنتشرة بين الخلايا والألياف.

connective tissue fibers **ألياف النسيج الضام**

الأليـاف البروتينيـة التى تنتشـر مع المادة الأرضـية بين خـلايا النسـيج الضام.

contractile vacuole **فجوة منقبضة = متقبضة**

فجوة ممتلئـة بسائل رائق توجد فى الحيوانات الأولية والبـعديات الدنيا، ووظيفتهـا جمع الماء الزائد وطرده إلى الخارج بصورة منتظمة ووظيـفتها الأساسية التنظيم الأسموزى.

conus arteriosus **مخروط شريانى**

يتكون عند مخرج الأبهر البطنى من القلب فى الأسماك.

coprodeum **غرفة معوية**

إحدى غرف الجزء الأمامى من المجـمع فى الزواحف والطيور والثدييات الأولية، تستقبل الأمعاء الغلاظ ويفصلها ثنيـة بولية مستقيمة عن الغرفة البولية.

copulatory organs **أعضاء الجماع فى الذكر**

فى حالة الإخصاب الداخلى لإدخال الحيوانات المنوية فى القناة التناسلية للأنثى كما فى الثدييات والزواحف وقليل من الطيور والأسماك وبعض الضفادع.

coracoid **العظم الغرابى**

أحد مكونات الحزام الصدرى للفقاريات.

cornea **قرنية العين**

طبقة شفافة تمتد فوق العدسة.

corpora quadrigemina **الأجسام التوأمية الأربعة**

وتمثل الفصوص البصرية والسمعية فى دماغ الثدييات.

corpus luteum (pl. corpora lutea) **الجسم الأصفر**

يتكون فى مـبيض الثـدييات بعـد خروج البويـضة من خلايا حـوصلة جراف، ويتـحول إلى عضو غـدى يفرز هورمون البروچسـترون إذا تم إخصاب البويضة ثم الحمل.

cortex انظر adrenal cortex and cerebral cortex

الهرمون المنشط لإفراز هرمون الكورتيكوتروبين

corticotropin releasing hormone (CRH)

هرمون يُفرز من تحت المـهاد بالدماغ ويعمل على تنشـيط الجزء النخامى الغدى لإفراز الهرمون المنشط لقشرة غدة الكظر.

cortisol **كورتيزول**

هرمون أستيرودى يُفرز من قشـرة غدة الكظر ويعمل على تنظيم التمثيل الغذائى لعديد من المركبات العضوية وله وظائف أخرى فى الجسم.

cotransport **انتقال مادتين في نفس الاتجاه**

أحد أنواع الانتقال النشط الثانوى حيث تنتقل مادة من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل ومادة أخرى تنتقل فى نفس الاتجاه ولكن عكس فرق التركيز.

Cotylosauria (stem - reptiles) **الزواحف الجذعية**

تمثل أصل الزواحف وهى الأولى التى ظهرت منها جميع أنواع الزواحف وكذلك الطيور والثدييات.

countertransport **انتقال مادتين في اتجاهين مختلفين**

أحد أنواع الانتقال النشط الثانوى حيث تنتقل مادة من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل ومادة أخرى تنتقل فى الاتجاه المضاد عكس فرق التركيز.

Craniata **جمجميات = قحفيات = قرانيات**

وهى الفقاريات وسميت كذلك لوجود جمجمة تحفظ الدماغ.

Cretaceous period **العصر الطباشيرى**

وهو العصر الأخير من الحقب الأوسط، ويسبق الحقب الحديث مباشرة.

CRH **انظر** corticotropin releasing hormone

Crocodilia **التمساحيات**

رتبة من الزواحف الضخام تشتمل على التماسيح بأنواعها، ومنها التمساح النيلى *Crocodylus niloticus*.

crossing over **عبور الصفات**

عملية انتقال بعض الصفات الوراثية من أزواج الكروموسومات أثناء عملية الانقسام الاختزالى.

Crossopterygii **أسماك مستديرة الزعانف الفصية = فصيات الزعانف**

فوق رتبة أسماك بها الزعانف المزدوجة فصية أو لحمية بخلاف الأسماك شعاعية الزعانف. وظلت مندثرة حتى عام ١٩٣٩ حينما ظهرت أنواع منها بالقرب من الساحل الجنوبى الشرقى لأفريقيا بالمحيط الهندى، وتعتبر جدود رباعيات القدم.

crown — **التاج**

جزء السنة البارز.

crus — **الساق**

يوجد فى الطرف الخلفى لرباعيات القدم.

CSF — **انظر** cerebrospinal fluid

cud — **الجرة**

وهو الطعام المعاد مضغه بواسطة الحيوانات المجترة.

cuticle — **جليد (كيوتيكل)**

طبقة عضوية واقية، تفرزها طبقة البشرة الخارجية للعديد من اللافقاريات، فى الحيوانات الراقية تشير إلى البشرة أو الجلد الخارجى.

cycloid scales — **قشور حلقية**

قشور عظمية رقيقة مستديرة ومتراكبة، تغطى أجسام بعض الأسماك العظمية.

cysticercoid — **الحوصلة المذنبة = الدودة المثانية المصمتة**

أحد أطوار الديدان الشريطية، ويتكون من حوصلة مصمتة تحتوى على دويدة لها (رؤيس) منغمد.

cytopharynx — **البلعوم الخلوى**

البلعوم الأنبوبى فى الأوليات الهدبية.

cytoplasm — **السيتوبلازم**

جزء الخلية الذى يحيط النواة.

cytoproct — **الشرج الخلوى**

موقع على الحيوان الأولى، حيث يطرد الفضلات غير المهضومة.

cytoskeleton — **الهيكل الخلوى**

خيوط دقيقة بأشكال عديدة توجد داخل سيتوبلازم الخلية ولها علاقة بشكل وحركة الخلية.

cytostome — **الفم الخلوى**

فم الخلية فى كثير من أنواع الأوليات.

D

D cells خلايا «د» (خلايا دلتا)

أحد أنواع خلايا جزر لانجرهانز فى البنكرياس وتقوم بإفراز هرمون السوماتوستاتين.

deamination نزع المجموعة الأمينية ($-NH_2$)

نزع مجموعة أمينية من الجزىء.

deciduous teeth أسنان ساقطة (لبنية)

أسنان فى الثدييات تسقط ويحل محلها الأسنان المستديمة.

definitive host العائل النهائى أو المحدد

العائل الذى يتم فيه عادة التكاثر الجنسى للطفيل. وإذا لم يكن هناك تكاثر جنسى فهو العائل الذى ينضج فيه الطفيل ويتكاثر.

demifacets نصفى سطح تمفصل

فى الفقرات ويتصل بهما الضلع.

dendrite تفرع شجرى

تفرع من جسم الخلية العصبية ووظيفته الأساسية استقبال الإشارات العصبية من تشابكات عصبية مع خلايا عصبية أخرى.

dentine مادة العاج

التى تُكون معظم السنّة أو القشور السنية بالأسماك الغضروفية.

deoxyhaemoglobin هيموجلوبين مختزل

جزىء الهيموجلوبين غير المرتبط بالأكسجين (أى يوجد فى حالة مختزلة).

deoxyribonucleic acid (DNA) الحامض النووى الدى أوكسى ريبوزى (الدنا)

الحامض النووى المسئول عن اختزان ونقل الصفات الوراثية وفيه وحدة البناء تحتوى على السكر الخماسى الدى أوكسى ريبوز ويتكون الجزىء من سلسلتين فى صورة حلزون.

depolarization إزالة الاستقطاب

تغير قيمة جهد الغشاء بحيث يصبح داخل الخلية أقل سلبية.

dermis الأدمة

وهى طبقة الجلد التى تقع تحت البشرة.

descending limb (of Henle's loop) **الفرع الهابط (من فرعي هنلي)**

أحد فـرعى هنلى فى وحدة تكوين البول داخل الكليــة (النفرون) والتى يصب فيه الجزء الملتوى القريب.

detritus **فتات = حتات = بقايا**

البقايا الدقيقة من أصل عضوى وغير عضوى، وقد تتغذى عليها الكثير من الحيوانات آكلة الفتات detritivores.

Devonian period **العصر الديفونى**

أحد عصور الحقب القديم ويطلق عليه عصر الأسماك، حيث ظهرت فيه وتنوعت إلى مجاميعها المختلفة.

diabetes mellitus **مرض السكرى**

أعراض هذا المرض ارتـفاع سكر الدم عن المعـدل الطبيعى؛ ولـذا يظهر السكر فى بول المريض وذلك بسبب نقص هرمون الأنسولين.

diaphragm **الحجاب الحـاجز**

عضلة مـخططة تفصل بين تجويفى البطن والصـدر - وتلعب دورا هاما فى عملية التنفس.

diastole **ارتخاء العضلة**

فترة ارتخـاء العضلة عقب انقباضـها (فمثلا فـى دورة القلب تمثل فترة ارتخاء البطينين).

diencephalon **الدماغ البـينى**

الجزء الأمامى من الدمـاغ ويقع تحت نصفى الكرة المخية ويـشتمل على المهاد وتحت المهاد.

differentiation **التمـيز**

عملية اكتساب الخلايا لصفات خاصة من حيث التركيب والوظيفة وذلك أثناء النشأة والنمو.

diffusion **الانتشار**

انتقال الأيونات والجزيئات من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل.

digestion **الهضـم**

عملية تكسيـر الجزيئات المعقدة ذات الوزن الجزيئى الكبـير إلى جزيئات أقل.

digit أصبع

في أطراف رباعيات القدم.

digitigrade أصبعية السير = أصبعي المشي

وهي الثدييات التي اختزل فيها الأصبع الأول أو اختفى، وتحمل ثقلها على أقواس أصبعية، حيث يكون المعصم والكاحل مرفوعين عن الأرض، مثل آكلات اللحم والقوارض.

Dinosaurs الديناصورات

وهي زواحف معظمها ضخم سادت الكرة الأرضية حوالى العصر الجوراسي؛ ولذلك سميت بالزواحف الحاكمة أو السائدة، ثم اختفت في أواخر الحقب الأوسط، ومنها أنواع لاحمة وأخرى عاشبة.

dioecious ثنائي المسكن = وحيد الشق

وتطلق على الحيوانات وحيدة الشق.

diophyodont dentition ثنائي التسنين

كما في الثدييات حيث تظهر أسنان لبنية ثم تسقط ويحل محلها أسنان مستديمة.

diploblastica ثنائي الطبقات

الحيوانات التي يتركب جسمها من طبقتين هما الأكتودرم والأندودرم.

Dipnoi (lung-fishes) الأسماك الرئوية

طويئفة ضمن طائفة الأسماك العظمية بها ما يشبه الرئات تتنفس بها الهواء الجوي. وبقي منها الآن ثلاثة أجناس فقط حول خط الاستواء في أفريقيا وأستراليا وأمريكا الجنوبية.

directive mesenteries المسرقان الموجهان

مسراقان ظهريان يحملان أهدابا عند حاشيتهما في اللاسعات الشعاعية، وتعمل حركة الأهداب على خلق تيار من الماء لخارج الحيوان.

disaccharide ثنائي التسكر

أحد أنواع المركبات الكربوهيدراتية وفيها يتكون الجزيء من اتحاد جزيئين من أحاديات التسكر (فالسكروز مثلا يتكون من ارتباط جزيء جلوكوز مع جزيء فراكتوز).

discoidal cleavage **انقسام قرصى (جزئى)**

يحدث فى بويضة الطيور حيث ينقسم القرص البلاستوديرمى دون المح.

distal tubule **الأنيبوبة البعيدة**

ويُقصد بها الجزء الملتوى البعيد فى النفرون (الوحدة البولية فى الكلية) وتقع بين فرعى هنلى والأنيبوبة المجمعة.

diuretic **مدر للبول**

أى مادة تعمل على تشبيط أو إعاقة عملية امتصاص الماء فى الوحدات البولية فى الكلية ومن هنا تُسبب زيادة حجم البول.

diverticulum **سيالة = رَدْب**

زائدة مجوفة مقفولة الطرف، توجد عادة فى القناة الهضمية.

DNA **انظر** deoxyribonucleic acid

dopa (dihydroxyphenyl alanine) **الدوبا**

مركب وسطى فى تصنيع مركبات الكاتيكول أمينات (الدوبامين والأدرينالين والنور أدرينالين).

dopamine **الدوبامين**

مركب كاتيكول أمينى ضمن النواقل العصبية ومنه يتكون النور أدرينالين. والأدرينالين فى نخاع غدة الكظر وأيضا فى الخلايا العصبية الأدرينرجية.

double helix **الحلزون المزدوج**

شكل جزيئى حيث يلتف شريطان من الجزيئات حول بعضهما فى شكل حلزون كما هو الحال فى جزىء الحامض النووى الدى أوكسى ريبوزى (الدنا).

duodenum **الإثنى عشر**

أول جزء من الأمعاء الدقيقة ويقع بين المعدة والمعى الصائم.

E

ear pinna **صيوان الأذن**

زائدة جلدية مدعمة بالغضروف تحيط بفتحة قناة الأذن الخارجية فى معظم الثدييات، وتعمل على تجميع الموجات الصوتية فوق طبلة الأذن.

ecdysis **انسلاخ**

خلع الطبقة الجليدية الخارجية كما فى الحشرات أو القشريات وتتم على فترات يحدث خلالها نمو الحيوان.

ECG انظر electrocardiogram

ectoderm **أكتودرم = أدمة خارجية**

الطبقة الخارجية من خلايا الجنين فى مراحله المبكرة (طور الجاسترولة)، كما يطلق على إحدى الطبقات الجرثومية.

Edentata **آكلات النمل = الدردئيات = ادنتاتا**

رتبة من الثدييات مثل المدرع.

EEG انظر electroencephalogram

effector **مُستجيب**

خلية أو مجموعة خلايا تستجيب للفعل العصبى وعادة ما تظهر الاستجابة فى عضلة أو غدة.

efferent arteriole **شُرين صادر**

الوعاء الذى يحمل الدم من الجُمع فى الكلية إلى مجموعة من الشعيرات الدموية حول الوحدة البولية.

efferent branchial veins **أوردة بلعومية صادرة**

تصدر عن البلعوم (الخياشيم) حاملة دما غنيا بالأكسجين وتصب فى الأبهر الظهرى بالأسماك.

efferent neuron (motor) **خلية عصبية صادرة (محركة)**

خلية عصبية تحمل الإشارة العصبية من الجهاز العصبى المركزى إلى العضلات أو الغدد (أو إلى الخلية العصبية الموجودة بعد العقد العصبية فى الأعصاب اللاإرادية).

electrical synapse **التشابك العصبى الكهربى**

نوع من التشابكات العصبية والتى بواسطته تنتقل الإشارة الكهربية من خلال فجوة بين الخليتين وعادة ما يحدث الانتقال فى الاتجاهين.

electrocardiogram (ECG) **رسم القلب الكهربى**

تسجيل للتيار الكهربى من على سطح الجلد فى منطقة الصدر والذى ينشأ من فعل الجهد فى ألياف عضلة القلب.

electroencephalogram (EEG) رسم الدماغ الكهربى

تسجيل فرق الجهد الكهربى بين نقطتين فى منطقة الرأس أو الجبهة والذى ينشأ من فعل الجهد فى بلايين الخلايا العصبية فى الدماغ.

elephantiasis داء (مرض) الفيل

تشويه تسببه إصابة مزمنة بديدان الفيلاريا *Wuchereria bancrofi* ويؤدى إلى انسداد الأوعية الليمفية وتضخمها.

elocyte زيتية

خلايا دهنية فى الحلقيات، ناشئة من نسيج الخلايا الصفراء.

embryo جنين

الكائن الحى خلال المراحل الأولى من النمو (فى حالة الإنسان خلال أول شهرين من النمو داخل الرحم).

enamel الميناء

طبقة رقيقة تغطى العاج فى السنة أو القشور السنية بالأسماك العظمية.

endocrine gland غدة صماء

غدة ليست لها قناة وتقوم بإفراز هرمون فى الدم مباشرة.

endocrine system جهاز الغدد الصماء

يشتمل على كل الغدد الصماء الموجودة فى الجسم والتى تقوم بإفراز الهرمونات فى الدم.

endocytosis الابتلاع (الالتقام)

عملية انتقال المواد إلى داخل الخلية حيث تصبح المادة محاطة بجزء من غشاء الخلية.

endoderm إندودرم

الطبقة الداخلية من خلايا الجنين، والتى تُكوِّن المعى البدائى، وقد تشير أيضا إلى الأنسجة التى تنشأ منها.

endoplasmic reticulum الشبكة الأندوبلازمية

أحد أنواع العضيات فى سيتوبلازم الخلية، ويوجد منها نوعان هما: الشبكة الأندوبلازمية المحببة والشبكة الأندوبلازمية غير المحببة.

Endopterygota حشرات داخلية الأجنحة (كاملة التطور)

حشرات تنشأ فيها بدايات الجناح من الداخل، وهى ذات تطور كامل.

endorphins **الأندورفينات**

مركبات ببتيدية بعضها يؤدى دورا كنواقل عصبية.

endosome **إندوسوم = الجسم الداخلى**

النوية فى نواة بعض الحيوانات الأولية، والتى تحتفظ بهويتها خلال الانقسام غير المباشر.

endothelium **البطانة (الطبقة البطانية للأوعية)**

طبقة من الخلايا رقيقة تبطن تجاويف الأوعية الدموية والقلب أيضا.

enhalent siphon **سيفون داخلى**

ويمثل تطور الفم فى يرقة التجاجيات (الإسيديا).

enterokinase **أنتيروكينيز**

أنزيم يوجد على الغشاء البلازمى للخلايا الطلائية فى الأمعاء ويعمل على تنشيط أنزيم التربسينوچين الذى يُفْرز من البنكرياس إلى أنزيم التربسين النشط.

enzyme **أنزيم**

بروتين يعمل على تنشيط تفاعل كيميائى معين ولكن لا يدخل فى هذا التفاعل؛ لذا يُعرف باسم عامل مساعد بيوكيميائى.

eosinophils **كريات الدم البيضاء الحامضية**

نوع من كريات الدم البيضاء المحببة حيث تكتسب حبيباتها الأصباغ الحامضية وخاصة صبغ الأيوسين الأحمر ولها دور فى الاستجابة المناعية.

esophagus **المرىء**

جزء من القناة الهضمية يصل بين البلعوم والمعدة.

epidermis **بشرة**

الطبقة غير الوعائية الخارجية من الجلد من أصل أكتودرمى.

epiglottis **لسان المزمار**

جزء غضروفى رقيق يغطى فتحة القصبة الهوائية خلال عمليات البلع.

epinephrine **انظر** adrendaline

epipodium **فوق القدم**

وهى القطعة الثنائية من هيكل طرف رباعيات القدم.

فوق المهاد **epithalamus**

جزء من الدماغ البينى أعلى منطقة المهاد.

نسيج طلائى **epithelium**

نسيج يغطى جميع أسطح الجسم وأيضا يبطن كل التجاويف الداخلية، هذا بالإضافة إلى أن جميع غدد الجسم سواء القنوية أو اللاقنوية تنشأ من نسيج طلائى.

المخصب **epitoke**

الجزء الخلفى من الديدان البحرية عديدة الأهداب، وهو ينتفخ بالمناسل الناضجة أثناء موسم التكاثر، يقابله العقيم (انظر atoke).

حقب **Era**

وهو فترة زمنية من الأزمنة الچيولوچية الساحقة.

كريات الدم الحمراء **erythrocytes**

أحد أنواع خلايا الدم، وتحتوى بداخلها على مادة الهيموجلوبين والذى يكسبها اللون الأحمر، وعددها فى الإنسان حوالى ٥ - ٥,٥ مليون/مم٣ من حجم الدم.

الأحماض الأمينية الضرورية **essential amino acids**

عدد من الأحماض الأمينية (حوالى ١٠) تدخل فى تصنيع البروتينات ولا يمكن أن يتم تصنيعها بكميات كافية داخل الجسم؛ لذا لابد من ضرورة وجودها فى الغذاء.

الأستراديول **estradiol**

هرمون أستيرودى من مجموعة الأستروچين يُفرز بواسطة الحويصلات الناضجة فى المبيض.

الأستروچين **estrogen**

مجموعة من الهرمونات الأستيرودية الأنثوية المسئولة عن ظهور الصفات الجنسية الثانوية ونمو أعضاء الجهاز التناسلى فى الأنثى.

حقيقى النواة = كامل النواة **eukaryotic (eucaryotic)**

كائن تتميز خلاياه باحتوائها على نواة أو أنوية، تحيطها أغشية، يقابلها بدائى النواة (انظر prokaryotic).

Eustachian tube — **قناة إستاكيوس**

تصل ما بين تجويف الأذن الوسطى والبلعوم، لمعادلة الضغط الجوى فوق طبلة الأذن.

excitability — **التنبيه (الإثارة)**

المقدرة على إظهار فعل الجهد.

excretion — **الإخراج**

التخلص من المادة سواء فى صورة بول أو براز أو أى مادة تُفقد من الجسم.

exhalent siphon — **سيفون خارجى**

يمثل تطور فتحة البهو فى يرقة التجاجيات (الإسيديا).

exocrine gland (duct gland) — **غدة ذات إفراز خارجى (غدة قنوية)**

مجموعة من الخلايا الطلائية تخصصت للإفراز ولها قناة من خلالها يخرج الإفراز إلى خارج جسم الغدة.

exocytosis — **الطرد الخلوى**

عملية خروج المواد المعقدة من داخل الخلية إلى خارجها فى صورة حويصلات تلتصق بغشاء الخلية.

Exopterygota — **حشرات خارجية الأجنحة**

حشرات تنشأ براعم أجنحتها خارجيا، خلال أطوار التكوين، وهى ذات تطور ناقص.

exoskeleton — **هيكل خارجى**

تركيب دعامى تفرزه البشرة أو الإكتودرم، خارجى غير مغلف بنسيج حى، على عكس الهيكل الداخلى endoskeleton.

external auditory meatus — **قناة الأذن الخارجية**

وتمثل ممرا طويلا نسبيا فى حالة الثدييات وحوله عادة صيوان الأذن ويؤدى إلى طبلة الأذن بالداخل.

extracellular fluid — **سائل خارج الخلايا**

السائل الموجود خارج الخلايا ويشتمل على بلازما الدم الموجودة داخل الأوعية الدموية، وأيضا السائل البينى الذى يشغل الحيز بين خلايا الجسم.

extra-embryonic membranes أغشية خارج جنينية

تحيط بجنين الرهليات أثناء نموه قبل الفقس أو الوضع.

eye pupil حدقة (إنسان) العين

وهو ثقب بوسط القزحية ويتسع ويضيق حسب كثافة الضوء الداخل للعين.

F

facial nerve العصب الوجهى

وهو العصب المخى الخامس فى الفقاريات.

facilitated diffusion الانتشار الميسر

عملية انتقال من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل وذلك للجزيئات التى لا تذوب فى الدهن ولا تستطيع المرور من خلال ثقوب غشاء الخلية؛ ولذا ترتبط بناقل بروتينى الذى يساعد فى عملية الانتقال.

Fallopian tube قناة أو أنبوبة فالوب

تمثل قناة البيض فى أنثى الثديات، وهما قناتان قصيرتان تفتحان فى الرحم.

fat-soluble vitamins ڤيتامينات تذوب فى الدهن

مجموعة من الڤيتامينات تذوب فى المذيبات العضوية وأيضا فى الدهن ولا تذوب فى الماء وهى ڤيتامينات أ، د، هـ، ك.

fatty acid حامض دهنى

سلسلة من ذرات الكربون تنتهى بمجموعة كاربوكسيل (COOH-)، وعند ارتباطها بالجلسيرول تُكوِّن جلسريدات ثلاثية.

femur عظمة الفخذ

عظمة فى الطرف الخلفى التى تتمفصل مع الحزام الحوضى فى رباعيات القدم.

fertilization الإخصاب

عملية التقاء الحيوان المنوى بالبويضة لتكوين البويضة الملقحة.

fetus = foetus جنين

الكائن الحى (الإنسان أو الحيوان) خلال المراحل الأخيرة من النمو قبل الولادة مباشرة (فى الإنسان هذه المرحلة بعد الشهر الثانى من إخصاب البويضة حتى الولادة).

fibrin **الفيبرين**

البـروتين الناتج من عمليـة تجلط الدم والذى يتكون من الفـيبـرينوچين الذائب فى البلازما.

fibrinogen **الفيبرينوچين**

البروتين الذائب فى بلازما الدم والذى يتحول إلى الفـيبرين غير الذائب أثناء حدوث عملية تجلط الدم.

fibula **الشظية**

عظمة الساق الصغيرة فى الطرف الخلفى لرباعيات القدم.

fibulare **عظيمة الشظية الساحلية**

إحدى عظيمات الطرف الخلفى فى منطقة الكاحل لرباعيات القدم.

filoplumes **ريش الزغب**

يوجد بين الريش المحيطى فى الطيور، ويشبه الشعر.

filose **خـيطى**

ويطلق علـى الأقـدام الكاذبة خـيطيـة الشكل فـى اللحـمـيـات (انظر lobose).

filter feeding **التغذية بـالترشيح**

طريقة للتغذية تُصفّى فيها حبيبات الطعام التى تكون عالقة فى الماء.

fission **تفلق = انشطار = انشقاق**

نوع من التكاثر اللاجنسى حيث ينقـسم جسم الكائن الحى إلى اثنين أو أكثر.

fluke **دودة مفلطحة (من الوشائع)**

١- فرع من ديدان التربيللاريا، أو طائفة وحـيدات العائل، أيضا بعض الأسماك المفلطحة.

٢-وشيـعة = فلوك تُطلق على الزعنفـة الذيلية فى الحيـتان وهى أفقـية وليست رأسية، ولا تدعمها أشعة زعنفية ولا هيكل داخلى.

folic acid **حامض الفوليك**

فيتـامين ضمن مـجمـوعة فـيتـامين ب المركب وهو ضرورى لتكوين النيكليوتيدات (الوحدات البنائية للأحماض النووية).

follicle حـويصلة

البويضة الناضجة داخل الحويصلة فى المبيض.

follicle - stimulating hormone (FSH) الهرمون المحفز للحويصلات

هرمون ببتيدى يُفرز من الجزء النخامى الغدى فى كل من الذكر والأنثى وهو أحد الهرمونات المنظمة لعمل المناسل.

Foramen magnum الثقب الكبـير

وهو فتحة فى خلف الجمجمة يخرج منها الحبل الشوكى.

Foraminifera المُثقبات = فـورامينفرا

رتبة من الحـيوانات الأولية معظمـها بحرى منهـا قروش الملائكة (sand dollars) وتتمـيز بوجـود ثقوب كثـيرة (ومنها اشـتق اسمـها) بعضـها مجهرى والآخر كبير يصل قطره إلى حوالى ٣ مم أو أكثر.

fore brain الدماغ الأمامى

جزء من الدماغ يشتمل على نصفى الكرة المخية والمهاد وتحت المهاد.

fovea نقرة بـصرية

فى شبكية العين بها مخاريط، وفـيها تكون الرؤية حادة، وتوجد اثنتان فى شبكية العين بالطيور ليرى الطائر الأفق جيدا أثناء الطيران.

G

galactose الجالاكتوز

سكر أحـادى التـسكر يـحـتـوى على ٦ ذرات كـربون - وباتحـاده مع الجلوكوز يكون سكر اللبن المعروف باسم اللاكتوز

gallbladder الحويصلة المرارية

كيس صغير أسفل الكبد يقوم بتخزين عصارة الصفراء التى يُفرزها الكبد وعند انقباضها تنطلق العصارة إلى القناة المرارية التى تحملها إلى الأمعاء الدقيقة.

gamete مشيج (جاميطة)

خلية جنسيـة ناضجة أحادية الكرومـوسومات، وعادة يمكن التمـييز بين الأمشاج الذكرية والأنثوية.

gametocyte خلية مشيجية = مولدة المشيج

الخلية الأم التى يتولد منها المشيج.

تكوين الأمشاج **gametogenesis**

عملية تكوين الحيوانات المنوية فى الخصية والبويضات فى المبيض.

عقدة عصبية **ganglion**

تجمعات لأجسام خلايا عصبية خارج الجهاز العصبى المركزى.

مسافة موصلة **gap junction**

نوع من الاتصال بين الخلايا المتجاورة (عادة بين الخلايا العصبية أو الألياف العصبية الرقيقة) يسمح بانتقال التغيرات الكهربية بينها، وذلك بسبب انتقال الأيونات بين سيتوبلازم هذه الخلايا.

معدى **gastric**

إشارة إلى كل ما يتعلق بالمعدة.

جاسترين **gastrin**

هرمون ببتيدى يُفرز من المعدة ويُحفز خلايا الغدد الجدارية فى المعدة لإفراز حامض الهيدروكلوريك.

الأدمة المعوية **gastrodermis= endodermis**

بطانة التجويف الوعائى المعوى (الهضمى) فى اللاسعات.

القناة المعدية المعوية **gastrointestinal tract**

تشمل الفم والبلعوم والمرىء والمعدة والأمعاء الدقيقة والأمعاء الغليظة.

التجويف الوعائى المعدى **gastrovascular cavity**

تجويف جسم بعض اللافقاريات الدنيا، ووظيفته الهضم ودوران السوائل، وله فتحة واحدة تعمل كفم وإست معا.

البطينة أو الجاسترولة **gastrula**

طور جنينى ينتج بعد المفلجة، وفيه تتميز الطبقات الجرثومية الثلاث (الأكتودرم والأندودرم والميزودرم).

دريرة **gemmule**

وحدة تكاثرية لاشقية، تشبه الحوصلة تتكون فى أسفنجيات الماء العذب عند حلول الظروف البيئية غير المناسبة، ويمكنها أن تتحمل درجات حرارة منخفضة.

gene **چين**

وحدة الصفات الوراثية الموجودة على الكروموسومات وهو جزء من جزىء الحامض النووى الدى أوكسى ريبوزى (الدنا).

genome **الچينوم**

الجهاز الوراثي والذى يوجد داخل كل خلية من خلايا الجسم لأى كائن حى ويتكون من الكروموسومات التى تحمل الچينات

germ cells **الخلايا الجرثومية**

الخلايا التى يتكون منها الحيوانات المنوية فى الخصية والبويضات فى المبيض.

gizzard **قانصة**

جزء عضلى قوى فى معدة الطيور يحتوى على حصوات، يستخدم فى هرس الحبوب.

gland **غدة**

مجموعة من الخلايا الطلائية تخصصت فى وظيفة الإفراز.

glenoid cavity **التجويف الأروح**

تجويف فى الحزام الصدرى للفقاريات، تتمفصل فيه رأس عظمة العضد.

glial cells **خلايا غروية (خلايا النسيج الغرائى العصبى)**

خلايا تختلف عن الخلايا العصبية فى النشأة والوظيفة، وتوجد فى الجهاز العصبى المركزى.

Globegerina **الأكسيريات = جلوبيجرينا**

جنس من المثقبات يتركب الجسم فيه من أصداف (غرف) جيرية تتصل بعضها البعض فى مجموعة حلزونية.

globegerina ooze **رواسب (طرين) الجلوبيجرينا**

هياكل بعض أنواع الفورامينيفرا، يُستفاد من وجودها فى تجارب البحث عن البترول.

globin **جلوبين**

سلاسل من عديد الببتيد فى جزىء هيموجلوبين الدم.

globulin **جلوبيولين**

أحد أنواع بروتينات بلازما الدم.

glomerular filtration **الترشيح الجُمعى (الترشيح من خلال الجُمع)**

عملية ترشيح بلازما الدم من خلال جدر الشعيرات الدموية فى الجُمع إلى محفظة بومان داخل الوحدات البولية فى الكلية.

الجُمع **glomerulus**

خصلة من الشعيرات الدموية توجد فى بداية الوحدة البولية (النفرون) فى الكلية داخل محفظة بومان.

جلوسينا ***Glossina***

جنس من الذباب الأفريقى منه ذبابة تسى تسى الناقلة لمرض النوم.

العصب اللسانى البلعومى **glossopharyngeal nerve**

وهو العصب المخى التاسع.

المزمار **glottis**

الفتحة المؤدية إلى القصبة الهوائية وتوجد بين الأحبال الصوتية.

جلوكاجون **glucagon**

هرمون ببتيدى يُفرز من خلايا ألفا فى جزر لانجرهانز الموجودة فى البنكرياس، ويعمل على رفع مستوى السكر فى بلازما الدم.

هرمونات القشرة الخاصة بالسكريات **glucocorticoids**

هرمونات ستيرودية تُفرز من قشرة غدة الكظر وتلعب دورا هاما فى التمثيل الغذائى للجلوكوز ومن أهمها هرمون الكورتيزول.

تصنيع الجلوكوز من مصادر غير كربوهيدراتية **gluconeogenesis**

عملية تكوين الجلوكوز فى الكبد من حامض البروفيك وحامض اللاكتيك وأيضا من الجلسيرول والأحماض الأمينية.

جلوكوز **glucose**

سكر يحتوى على ٦ ذرات كربون وهو من أهم أحاديات التسكر فى الجسم.

حامض الجلوتاميك **glutamic acid**

حامض أمينى يحتوى على مجموعتين من الكاربوكسيل (-COOH) ويؤدى دورا كناقل عصبى فى بعض الخلايا العصبية فى الجهاز العصبى المركزى.

اللاصقات **glutinants**

(فى الهدر) أكياس تحتوى على خيط يطلقه الحيوان ليلتصق بجسم الفريسة أو العدو، وهى نوعان كبيرة وصغيرة.

glycerol **جلسيرول**

جزيء يحتوى على ٣ ذرات كربون وعند اتحاده بثلاث جزيئات من الأحماض الدهنية يكون الجلسريدات الثلاثية.

glycine **جليسين**

حامض أمينى يؤدى دورا كناقل عصبى مُثبط فى بعض التشابكات العصبية فى الجهاز العصبى المركزى.

glycogen **جليكوچين**

مادة كربوهيدراتية ضمن عديدات التسكر ويُختزن بكميات كبيرة فى الكبد والعضلات وينتج من اتحاد حوالى من ٢٨ - ٣٠ وحدة جلوكوز.

glycogenolysis **تحلل أو تكسير الجليكوچين**

تحدث هذه العملية فى الكبد والعضلات بغرض تكوين جلوكوز من الجليكوچين المختزن.

glycolipids **الليبيدات السكرية**

مركبات تنتج من ارتباط جزيئات الليبيدات بمجموعات من المواد الكربوهيدراتية.

glycolysis **التحلل السكرى**

أحد العمليات الهامة فى التمثيل الغذائى للجلوكوز حيث يتم تكسير الجلوكوز ويتحول إلى جزيئين من حامض البيروفيك.

glycoproteins **البروتينات السكرية**

مركبات تنتج من ارتباط البروتينات بمجموعات من المواد الكربوهيدراتية.

gnathostomes = Gnathostomata **فكيات الفم**

مجموعة الفقاريات التى ظهرت فيها فكوك، وتشمل جميع الفقاريات ما عدا اللافكية مثل دائريات الفم.

gnawing **القرض**

كما يحدث فى القوارض بواسطة القواطع التى تستطيل فيها مدى الحياة.

GnRH انظر gonadotropin - releasing hormone

جهاز جولجى (جسم جولوجى) **Golgi apparatus (Golgi body)**

أحد عضيات الخلية ويوجد على شكل أنابيب أو فجوات ويقع قريبا من نواة الخلية ويقوم بتجميع وتغليف النواتج الإفرازية فى صورة حويصلات.

المناسل **gonads**

الأعضاء المسئولة عن تكوين الحيوانات المنوية والبويضات (أى الخصية فى حالة الذكر والمبيض فى حالة الأنثى).

الهرمونات المنظمة لعمل المناسل **gonadotropic hormones**

هرمونات تُفرز من الجزء النخامى الغدى وتقوم بتنظيم عمل المناسل وهما الهرمون المحفز للحويصلات (FSH) والهرمون المحفز لتكوين الجسم الأصفر (LH).

الهرمون المحرر للهرمونات المنظمة للمناسل

gonadotropin - releasing hormone (GnRH)

هرمون يُفرز من منطقة تحت المهاد فى الدماغ ويعمل على تحرير الهرمونات المنظمة للمناسل والتى تُفرز من الغدة النخامية فى كل من الذكر والأنثى.

الشقب التناسلى **gonopore**

ثقب تناسلى يوجد فى كثير من اللافقاريات.

غلاف المنسل **gonotheca**

(فى الأوبيليا) الغلاف الذى يحيط بالأعواد الجرثومية.

حوصلة جراف **Graafian follicle**

تتكون فى المبيض حول البويضة، وتحتوى على سائل فى حالة الثدييات.

شدفة حُبْلَى **gravid proglottis**

شدفة (عقلة) الدودة الشريطية إذا نضجت تناسليا وتحتوى على البيض الملقح فى رحمها الذى ينمو ليملأ الشدفة التى تكون مستعدة للانفصال عن جسم الدودة.

المادة الرمادية **gray matter**

جزء من الدماغ والحبل الشوكى يظهر باللون الرمادى فى العينات غير المصبوغة ويحتوى أساسا على أجسام خلايا عصبية.

ground substance المادة الأرضية (المادة بين الخلايا) = المطرق

المادة الغروية التى تحيط الخلايا فى الأنسجة الضامة وتنتشر بين الألياف وتتركب كيميائيا من جزيئات عديدات التسكر المخاطية.

growth hormone (GH) هرمون النمو

هرمون ببتيدى يُفرز من الجزء النخامى الغدى ويعمل على زيادة نمو العضلات وذلك من خلال تأثيره على معدل التمثيل الغذائى للبروتينات.

growth hormone - inhibiting hormone الهرمون المثبط لإطلاق هرمون النمو

هرمون يُفرز من منطقة تحت المهاد فى الدماغ ويسبب نقص إفراز هرمون النمو من الجزء النخامى الغدى.

growth hormone - releasing hormone الهرمون المحرر لإطلاق هرمون النمو

هرمون يُفرز من منطقة تحت المهاد فى الدماغ ويسبب زيادة إفراز هرمون النمو من الجزء النخامى الغدى.

guanine جوانين

أحد القواعد النيتروجينية التى تدخل فى تركيب الأحماض النووية.

gustatory buds براعم التذوق

مستقبلات حسية تتأثر بالمواد الكيميائية مثل تلك الموجودة فوق اللسان فى الفقاريات.

gynaecophoric canal قناة الاحتضان

ميزاب فى ذكر ديدان البلهارسيا يحتضن فيه الذكر الأنثى.

H

H zone منطقة H

منطقة باهتة فى منتصف الشريط المعتم وتظهر فى ألياف العضلات الهيكلية والعضلات القلبية.

haemal arch قوس دموى

يوجد أسفل الفقاريات الذيلية يضم الشريان والوريد الذيليين.

haploid number العدد الفردى من الكروموسومات

عدد الكروموسومات الموجود فى الخلية التناسلية (الحيوان المنوى والبويضة) وهو نصف العدد الزوجى الموجود فى الخلية الجسدية.

heart rate **معدل انقباض القلب**

عدد انقباضات القلب فى الدقيقة.

heart sounds **أصوات القلب**

عند وضع سماعة الطبيب على صدر الشخص ناحية القلب يتم سماع صوتين الصوت الأول نتيجة اهتزاز الصمامات الموجودة بين الأذينين والبطينين، والصوت الثانى نتيجة اهتزاز الصمامات الموجودة فى الشريان الأورطى والشرايين الرئوية.

heme = haeme **الهيم**

جزىء عضوى يحتوى على الحديد يرتبط بالجلوبين فى جزىء الهيموجلوبين.

hemoglobin = haemoglobin **الهيموجلوبين**

الصبغ التنفسى الموجود داخل كريات الدم الحمراء والذى يسبب اكتسابها اللون الأحمر وينقل الأكسچين فى الدم.

hemorrhage = haemorrhage **نزيف**

فقد الدم من الأوعية الدموية.

hemostasis = haemostasis **إيقاف النزيف**

عملية منع فقدان الدم من الأوعية الدموية المجروحة.

Henle's loop **فرعى هنلى = التواء هنلى**

جزء أنبوبى فى الوحدة البولية للكلية ويقع بين الجزء الملتوى القريب والجزء الملتوى البعيد.

heparin **هيبارين**

مادة مانعة لتجلط الدم، ويتم تصنيعها عن طريق خلايا الكبد وأيضا الخلايا الصارية فى الأنسجة الضامة.

hepatic **كبدى**

إشارة إلى الكبد.

hepatic portal system **الجهاز الكبدى البابى**

يتجه الدم نحو الكبد فى أوردة كبدية بابية ثم يتجمع من الكبد فى أوردة كبدية ويتجه نحو القلب، ويوجد فى جميع الفقاريات.

hepatic portal vein **الوريد الكبدى البابى**

وريد يحمل الدم من جزء من المعدة والأمعاء والبنكرياس إلى الكبد.

herbivorous **آكل العشب = عاشب**

وتُطلق على الحيوانات آكلة النباتات.

hermaphrodite = bisexual **خُنْثَى**

يُطلق على الحيوان الذى يحتوى على الأعضاء التناسلية الذكرية والأنثوية معا فى نفس الفرد كما فى الدودة الكبدية.

hermatypic corals **المراجين الصلبة البانية للشعاب**

ويُطلق على الشعاب المرجانية التى تحتوى طبقتها الداخلية للبوليبات على سوطيات ثنائية (زواكزنثيلا) والتى تعيش فيها معيشة تكافلية.

heterocercal tail **ذيل غير متجانس = غير متناظر الزعنفة**

ذيل الأسماك مختلف الفصين الظهرى والبطنى، حيث يمتد الطرف الخلفى للعمود الفقرى فى الذيل متجها نحو أعلى كما فى القرش.

heterodont dentition **تسنين غير متجانس**

كما فى الثدييات، حيث تحمل الفكوك أنواعا من الأسنان، وهى القواطع والأنياب والضروس الأمامية والخلفية.

heterotroph **متباين (متغير) التغذية**

الكائن الحى الذى يحصل على المواد الخام من عضوية وغير العضوية من الوسط الذى يعيش فيه.

hexacanth embryo **جنين خطافى**

جنين الدودة الشريطية، ويكون مزودا بستة خطاطيف.

Hexapoda = Insecta **الحيوانات ذات الستة أرجل = الحشرات**

وتُطلق على الحشرات لأنها تتميز بوجود ثلاثة أزواج من الأرجل فى منطقة الصدر.

hirudin **هيرودين**

المادة التى تفرزها ديدان العلق (الحلقيات) والتى تمنع تجلط الدم وتستخدم فى العلاج الطبى.

holoblastic cleavage **انقسام كامل**

ومنه المتساوى كما فى السهيم وغير المتساوى كما فى البرمائيات.

Holoderma سحلية هولوديرما

وهى السحلية السمية الوحيدة، تفرز السم من غدد تحت لسانية.

holozoic nutrition اغتذاء حيوانى

اغتذاء الكائن الحى بمواد معقدة تُهضم ثم تُمتص على طريقة الحيوان.

homeostasis الاتزان الداخلى

ثبات المحتوى الكيميائى والفيزيقى للبيئة الداخلية فى الجسم الناتج من عمل الأجهزة المنظمة.

homocercal tail ذيل متجانس الفصين

أى متساوى الفصين كما فى الأسماك العظمية.

homodont dentition تسنين متجانس

أى أسنان متشابهة كما فى الزواحف.

hoof الحافر

ويغطى أطراف الأصابع فى الثدييات الحافرية.

hookworm, *Ancylostoma* الدودة الخطافية (الإنكلستوما)

تُطلق على دودة الإنكلستوما التى تتميز بوجود خطاطيف تتعلق بها على جدار الأمعاء.

hormone هرمون

مادة كيميائية يتم تصنيعها بواسطة إحدى الغدد الصماء ويتم إفرازه فى الدم والذى يحمله بدوره إلى خلايا أخرى حيث يظهر تأثيره.

horn قرن

مادة قرنية مجوفة تحيط بامتداد عظمى من عظام الوجه كما فى الحافريات.

humerus العظم العضدى

عظم الذراع العلوى فى الطرف الأمامى لرباعيات القدم.

hummer المطرقة

العظمة الخارجية من عظيمات الأذن الوسطى الثلاث فى الثدييات.

hydrolysis التحلل المائى

عملية تكسير رابطة كيميائية بإضافة عنصرى الماء (-H & -OH).

hydroid **هدراني = هدرى**

الطرز البوليبى لأحد اللواسع، المتميز عن الشكل الميدوزى، أى فرد من طائفة الحيوانات الهدرية من شعبة اللاسعات Cnidaria.

hydrostatic skeleton **هيكل مائى = هيدروستاتيكى**

كتلة من سائل أو بارنشيمة توجد داخل تجويف الجسم توفر الدعامة اللازمة للفعل العضلى المضاد، مثل: النسيج الحشوى في اللاسيلوميات، والسوائل حول إحشائية فى السيلوميات وهى تعمل كهيكل هيدروستاتيكى.

hypodermis **تحت البشرة**

الطبقة الخلوية التى تقع أسفل الجلد وتفرز فى الحلقيات ومفصليات الأرجل وبعض اللافقاريات الأخرى.

hyoid arch **القوس اللامى**

القوس الثانى من أقواس الجمجمة الحشوية.

hyomandibular arch **القوس الفكى اللامى**

ويمثل الجزء العلوى من القوس اللامى ويتصل بالمحفظة الأذنية فى أجنة الفقاريات ويعلق الفكوك فيها، ويبقى فى الأسماك اليافعة.

hypapophysis **بروز (نتوء) سفلى**

وهو النتوء السفلى الذى يوجد أسفل جسم الفقرة فى بعض فقرات الحيوانات الثديية.

hypaxial muscles **عضلات سفلية**

عضلات فى منطقة البطن يفصلها حاجز عن العضلات العليا.

hyperglycemia **ارتفاع سكر الدم**

ارتفاع مستوى السكر فى الدم عن المعدل الطبيعى.

hypertension **ارتفاع ضغط الدم**

ارتفاع ضغط الدم الشريانى عن المعدل الطبيعى.

hypoglossal nerve **العصب تحت اللسانى**

وهو العصب المخى الحادى عشر فى الرهليات.

hypoglycemia **انخفاض سكر الدم**

انخفاض مستوى السكر فى الدم عن المعدل الطبيعى.

hypophysis (pituitary gland) — **الغدة النخامية**

انظر pituitary gland

hypothalamus — **تحت المهـــاد = تحت ســريـر المخ**

جزء من الدماغ أسفل المهاد وهو مسئول عن تنظيم البيئة الداخلية للجسم وهو أحد مراكز الجهاز العصبي الذاتى حيث توجد المراكز التى تتحكم فى نشاط الأحشاء والتوازن المائى والنوم ودرجة الحرارة وغيرها.

hypural bones — **عظام تحت ذيلية**

تدعم غشاء الزعنفة الذيلية فى الأسماك العظمية.

I

I band — **شريط I**

يوجد بالتبادل مع شريط آخر معتم فى العضلات الهيكلية وعضلة القلب، وهذه الأشرطة تُسبب ظهور الخطوط العرضية فى الألياف العضلية.

ileocolic sphincter — **صمام معوى قولونى**

يفصل بين الأمعاء الدقيقة والقولون فى رباعيات القدم.

ileum — **اللفائفى**

الجزء الأخير من الأمعاء الدقيقة.

immunity — **المناعة**

الآليات الفسيولوجية التى تسمح للجسم بالتعرف على الأجسام الغريبة ومحاولة التغلب عليها والتخلص منها.

incisors — **القواطع**

الأسنان الأمامية فى الثدييات التى تقطع الطعام.

incurrent = inhalent — **شهيقى**

تُطلق على القنوات التى يدخل منها التيار فى الأسفنج أو الزراقة التى يدخل منها الماء فى المحاريات.

incus — **السندان**

العظمة الوسطى من عظيمات الأذن الوسطى الثلاثة فى الثدييات.

indifferent gonads **مناسل غير مميزة جنسيا**

تظهر في أجنة الفقاريات المبكرة، وتتحول إما إلى خصى وإما إلى مبايض.

inferior umbilicus **السرة السفلى**

فى قلم الريش المحيطى للطيور.

inferior vena cava **وريد أجوف سفلى**

وريد كبير يحمل الدم من نصف الجسم السفلى إلى الأذين الأيمن فى القلب.

inflammation **التهاب**

الاستجابة الموضعية لأى جُرح والتى تظهر فى صورة ورم وألم وارتفاع درجة الحرارة وأيضا احمرار فى مكان الجرح.

infraspinous fossa **السطح تحت الشوكى**

من العظم اللوحى فى الحزام الصدرى للثدييات، وتفصله شوكة لوحية عن السطح فوق الشوكى.

inner ear **الأذن الداخلية**

وتشمل الحلزون وعضو كورتى.

Insectivora **آكلات الحشرات**

رتبة من الثدييات مثل القنفذ وآكل النمل والمدرع وغيرها.

inspiration **شهيق**

اندفاع الهواء من الوسط الخارجى إلى داخل الرئتين.

insulin **الأنسولين**

هرمون يُفرز من خلايا بيتا فى جزر لانجرهانز فى غدة البنكرياس، ويعمل على دخول الجلوكوز إلى معظم خلايا الجسم، وأيضا يُحفز تصنيع البروتينات والدهون والجليكوجين، ومن هنا يساعد على خفض مستوى السكر فى الدم.

integument **جلد = غلاف**

الغطاء الخارجى أو الطبقة المغلفة.

intercalary plates **صفائح بينية**

تكمل القوس العصبى فى العمود الفقرى لكلب السمك.

intercalated discs **الأقراص البينية**

خطوط قائمة تظهر فى القطاع الطولى لعضلة القلب، وهى عبارة عن أغشية تُظهر حدود الخلايا عند اتصال الألياف معا.

intercostal muscles **عضلات بين ضلعية**

عضلات هيكلية تقع بين الضلوع.

interneuron **خلية عصبية موصلة**

خلية عصبية تقع بالكامل داخل الجهاز العصبى المركزى.

interphase **مرحلة ما بين انقسامين: المرحلة البينية**

الفترة الزمنية ما بين نهاية انقسام الخلية وبداية انقسام آخر.

interstitial **بينى**

تقع فى المسافات بين التراكيب، مثل الخلايا أو الأعضاء.

interstitial cells **خلايا بينية**

خلايا موجودة فى الخصية بين الحويصلات المنوية.

interstitial fluid **سائل بينى**

السائل خارج الخلايا والذى يشغل الفجوات بين الخلايا.

interventricular septum **الحاجز البطينى**

حاجز موجود فى القلب ويفصل بين تجويفى البطين الأيمن والبطين الأيسر.

intracellular fluid **سائل داخل الخلية**

السائل الموجود داخل الخلايا ويشمل السيتوزول (السائل الخلوى) والسائل داخل النواة وداخل العضيات.

intrinsic factor **عامل أساسى (باطنى)**

بروتين سكرى يُفرز من الطبقة الطلائية المبطنة للمعدة، وهو ضرورى لامتصاص ڤيتامين ب١٢ فى الأمعاء.

iris **قزحية العين**

غشاء يمتد فوق عدسة العين وبوسطة حدقة العين، التى تضيق أو تتسع حسب كثافة الضوء نتيجة انقباض عضلات دائرية أو شعاعية موجودة بالقزحية، وهى ملونة دائما.

العظم الوركى **ischium**

أحد مكونات الحزام الحوضى فى الفقاريات.

جزر لانجرهانز **islets of Langerhans**

تجمعات لخلايا غدية صماء فى البنكرياس والتى تفرز هرمونات الأنسولين والجلوكاجون والسوماتوستاتين.

أمشاج متشابهة **isogametes**

تشابه الأمشاج فى الحجم والمظهر.

J

يرقان (مرض الصفراء) **jaundice**

حالة مرضية يكتسب فيها الجلد اللون الأصفر نتيجة تراكم صبغ البيلريوبين، وذلك بسبب عدم إخراج الكبد لهذا الصبغ فى عصارة الصفراء.

الصائم (المعى الصائم) **jejunum**

الجزء الأوسط من الأمعاء الدقيقة.

قنديل البحر **jellyfish**

ويُطلق على طور الميدوزوا فى اللاسعات، وأحيانا يكون هو الطور الوحيد فى تاريخ الحياة.

العصر الجوراسى **Jurassic period**

ويمثل العصر الأوسط من الحقب الأوسط.

K

حيد = عرف **keel**

بروز بطنى وسطى مثل الدفة فى قص الطيور، يُكوّن مع القص تجويفا يضم عضلات الطيران القوية.

حامض كيتونى **keto acid**

جزىء يحتوى على مجموعة كاربونيل (-CO-) ومجموعة كاربوكسيل (-COOH).

أجسام كيتونية **ketone bodies**

نواتج التمثيل الغذائى للأحماض الدهنية والتى تتراكم فى الدم نتيجة مرض السكرى المزمن وأيضا فى حالات الجوع الشديد.

kidney pelvis **حوض الكلية**

ويمثل اتساع الحالب عند خروجه من الكلية.

kinetodesma (pl.kinetodesmata) **الرباط الحركى**

ليـيـفة تـنشأ من الحـبيـبـة القـاعدية لـهدب من الأوليـات الهـدبيـة (Ciliophora)، ويمتـد إلى الحـبـيبات القـاعـدية للأهــداب فى نفس الصف.

kinetoplast **كينتوبلاست**

تركـيب فى طفـيلى التـريبـانوسومـا يتـركب من جـسم جـار قاعـدي (parabasal body) والحبيبة القاعدية blepharoplast.

kinetosome **الجسم الحركى**

حبيـبة ذاتية الازدواج تقع عند قاعـدة السوط أو الهدب، شبيـهة الجسم المركزى (centriole) ويسمى أيضا، الجـسم القاعدى basal body، أو blepharoplast.

kinety **المجموعة الحركية أو المحرك**

تطلق على كل الأجـسـام والأربطة الحـركيـة التى توجـد فى صف من الأهداب.

Krebs cycle (tricarboxylic acid cycle) **دورة كربس**

أحد طرق التمثيل الغذائى والتى تتم داخل الميـتوكوندريا حيث تستخدم نواتج تكسير المواد الكـربوهيدراتية والدهنية والبروتينـية لانطلاق الطاقة فى وجود الأكسچين.

L

Labyrinthodontia **التيه سنية**

ويُطلق علي الفـقاريات التى تطورت من الأسـماك مـستديرة الزعانف الفصية، وتُعتبر أسلاف الزواحف الجذعية.

Lacertilia **السحالى = العظاءات**

من الزواحف وتشمل الأبراص والحربـاء والضب والورل والسحالى... إلخ.

lacrimal glands **الغدد الدمعية**

الغدد التى تقوم بإفراز الدموع.

lactase **اللاكتيز**

إنزيم يساعد على تكسير سكر اللاكتوز (سكر اللبن) إلى جلوكوز وجالاكتوز فى الأمعاء الدقيقة.

lactate **اللاكتيت**

الصورة المتأينة لحامض اللاكتيك (اللبنيك).

lactation **الرضاعة**

تكوين وإفراز اللبن من الغدد الثديية.

lacteals **الأوعية اللبنية**

أوعية ليمفية توجد فى منتصف خملات الأمعاء.

lactic acid **حامض اللاكتيك = اللبنيك**

جزىء يتكون من ٣ ذرات كربون يتكون بواسطة عملية التحلل السكرى فى غياب الأكسجين.

lactose **اللاكتوز (سكر اللبن)**

سكر ثنائى يتكون من اتحاد الجلوكوز والجالاكتوز.

lagena **اللاجينا = قنينة الأذن**

جيب بطنى يخرج من كيس الأذن الداخلية فى رباعيات القدم، ويختص بالسمع، ويكون صغيرا فى البرمائيات ويكبر بالتدريج حتى يُكوّن القوقعة فى الثدييات.

Lagomorpha **الأرنبيات**

رتبة من الثدييات.

lamprey **الجلكى = لامبرى**

من دائريات الفم عديمة الفكوك.

Latimeria **الأحفورة الحية (لاتيميريا)**

ويُطلق على الأسماك التى اكتشفت عام ١٩٣٩ تجاه الساحل الجنوب شرقى لأفريقيا فى المحيط الهندى، وهى الأسماك الوحيدة التى بقيت من مستديرات الزعانف الفصية.

larva (pl. larvae) **يرقة (يرقانة)**

طور فى حياة بعض الحيوانات قد يختلف كثيرا عن الطور البالغ.

larynx **الحنجـرة**

جزء مـن الممر التنفـسى بين البلعوم والقـصبـة الهوائيـة ويحتـوى على الأحبال الصوتية.

lecithin **الليسثين**

مركب من الفوسفوليبيدات.

lens **عدسة**

جزء من جهاز الإبصار فى العين شفاف يركز الضوء فى العين، ويساعد على إسقاط صورة الأشياء المرئية على الشبكية.

lepidotrichia **شعيرات حرشفية**

الأشعة الزعنفية في زعانف الأسماك العظيمة.

leptin **اللبتين**

هرمون يُفرز فى الدم بواسطة خلايا الأنسجة الدهنية، ويقوم بتنظيم وزن الجسم من خلال تنظيم وزن الأنـسجة الدهنية؛ لذا فهـو مرتبط بالسمنة والبدانة.

Leucosalina **ليكوســولينا**

اسم جنس لأبسط أشكال الأسفنج من الطرز الأسكونى.

leukocytes **كريات الدم البيضاء**

نوع من خلايا الدم وبعضها يحتـوى على حبيبات والبعض الآخر بدون حبيبات ومعظمها يؤدى دورا هاما فى الدفاع عن الجسم.

LH انظر luteinizing hormone

ligand **الرابـط**

أى أيون أو جزىء له المقدرة على الارتباط بسطح بروتينى بواسطة رابطة غير تساهمية.

ligases **أنزيمات البناء**

أنزيمات تساعد على ربط جزيئين معا من خلال انشطار رابطة ذات طاقة عالية وغالبا من جزىء أدينوزين ثلاثى الفوسفات ATP.

lipase **الليبيز**

أنزيم يُفــرز من البنكرياس فى الأمـعاء الدقـيـقة ويسـاعـد فى تكسيـر الجلسيريدات الثلاثية إلى أحماض دهنية وأحاديات الجلسيريدات.

lipids **الليبيدات**

جزيئات تحتوى على الكربون والهيدروچين وتتميز بعدم ذوبانها فى الماء وتشتمل على الدهون البسيطة والفوسفوليبيدات والستيرودات.

lipoproteins **البروتينات الليبيدية = البروتينات الدهنية**

تجمعات لجزيئات الليبيدات مع الجزيئات البروتينية.

liquor folliculi **السائل الحويصلى**

ويملأ تجويف حوصلة جراف فى مبيض الثدييات.

liquor humer **السائل المائى**

ويملأ غرفتى العين الأمامية والخلفية.

lobose, lopod, pseudopod **قدم كاذب فصى الشكل**

تُطلق على القدم الكاذب الكليل كما فى الأميبيا.

loop of Henle انظر Henle's loop

lumbar vertebra **فقرة قطنية**

ضمن فقرات المنطقة القطنية فى العمود الفقارى.

luteinizing hormone (LH) **الهرمون المحفز لتكوين الجسم الأصفر**

هرمون يُفرز من الجزء النخامى الغدى ويساعد فى انطلاق البويضات الناضجة من حويصلة جراف كما يساعد فى تحفيز الخلايا البينية فى الخصية لتكوين الهرمون الذكرى التستوستيرون.

lymph **الليمف**

وينتج من ترشيح البلازما من جدر الشعيرات الدموية.

lymph nodes **العقد الليمفية**

أنسجة ذات حجم صغير تقع فى أماكن خاصة على طول الأوعية الليمفية وتحتوى على كريات بيضاء ليمفية.

lymphatics **الأوعية الليمفية**

جهاز يتكون من أوعية تحمل سائل الليمف من الأنسجة إلى الدم.

lymphocytes **كريات بيضاء ليمفية**

أحد أنواع كريات الدم البيضاء مسئولة عن الاستجابة المناعية المكتسبة وتصنف إلى نوعين: كريات بائية، وكريات تائية.

lymphoid tissues الأنسجة الليمفية

تشمل العقد الليمفية والطحال والغدة الثيموسية واللوزتين وأيضا كل الحويصلات الليمفية مثل ما هو موجود فى بطانة القناة المعدية المعوية.

lysosome الليسوسوم = الجسم المُحلل

أحد عضيات الخلية مستدير أو بيضاوى الشكل محاط بغشاء ويحتوى على أنزيمات هاضمة تساعد فى عملية الهضم داخل الخلية.

M

M line خط (م)

خط ضمن الخطوط العرضية التى تعطى ألياف العضلات الهيكلية وعضلة القلب الشكل المخطط، وهو عبارة عن شريط معتم فى منتصف القطعة العضلية.

macrolecithal eggs بيض كثير المح

كما فى الزواحف والطيور.

macrophage الخلية الأكولة

أحد أنواع خلايا النسيج الضام وهى ضمن خلايا الجهاز المناعى فى الجسم حيث تقوم بمهاجمة المواد الغريبة وتلتهمها وتهضمها.

madreporite المصفاة = المنخل

تركيب يشبه الغربال أو المصفاة وهو مدخل الجهاز الوعائى المائى فى شوكيات الجلد.

malacostracan قشرى لين الهيكل

يُطلق على الحيوانات القشرية من طويئفة القشريات اللينة الهيكل، والتى تضم أنواعا مائية وأرضية منها السرطان (الكابوريا) والأوربيان (الجمبرى) وبراغيث الرمل.

Malpighian corpuscle كرية ملبيجى

وتمثل الكُبة وتحيطها المحفظة الكلوية.

Malpighian tubules أنيبوبات ملبيجى

أنيبوبات بلا فتحة خارجية، تتصل بالمعى الخلفى لكل الحشرات تقريبا، وبعض عديدات الأقدام Myriapoda والعنكبيات، وتعمل أساسا كأعضاء إخراجية.

الغدد الثـديية **mammary glands**

الغدد الموجودة فى الثدى لإفراز اللبن.

القوس الحنكى **mandibular arch**

وهو القوس الأول من أقـواس الجمجـمة الحشـوية للفقـاريات الفكية، ويُكوّن الفكين العلوى والسفلى فى الأجنة.

اليـد **manus**

فى رباعيات القدم، وتشمل المعصم والكف والأصابع.

الجيب (الجراب) الكيس **marsupium**

جيب أسفل بطـن أنثى الثدييات الكيسـية مثل الكنغر، ينمـو فيه الجنين الذى يولد غير مكتمل النمو.

خليـة صارية **mast cell**

أحد أنواع خلايا النسيج الضـام وتقوم بإفراز مادة مانعة للتجلط شـبيهة بالهيبارين.

المادة بين الخلوية = المطرق **matrix**

المادة الأرضيـة الموجودة خـارج الخلايا فى النسـيج الضام والتى تحـتوى أيضا على ألياف النسيج الضام.

المستقبلات الميكانيكية **mechanoreceptors**

مستقبلات حسية تستجيب لأى مؤثر ميكانيكى.

غضروف ميكل **Meckel's cartilage**

الجزء السفلى من القوس الحنكى ويمثل الفك السفلى لأجنة الفقاريات.

النخاع المستطيل **medulla oblongata**

وهو جزء من الدماغ الخلفى الذى ينسحب تدريجيا فى الحبل الشوكى.

بيض قليل المح **meiolecithal eggs**

وفيـه المح قليل ومتـساوى التـوزيع تقريبـا فى السيـتوبلازم، كـما فى الثدييات والسهيم.

الانقسام الاختزالى **meiosis**

الانقسـام الخلوى الذى يحـدث فى المناسل (الخصـية والمبـيض) لتكوين الأمشـاج (الخلايا التناسليـة - الحيوان المنوى والبـويضة) حيث يُختـزل العدد الزوجى للكروموسومات إلى العدد النصفى.

membrane **غشاء**

تركيب يحتوى على بروتينات وليبيدات مثل الغشاء المحيط بالخلية وأيضا الأغشية المحيطة بالنواة والعضيات داخل الخلية.

membranous labyrinth **التيه الغشائى**

وهو الجزء الأساسى من الأذن الداخلية للفقاريات.

meroblastic cleavage **انقسام جزئى (قرصى)**

انظر discoidal cleavage.

merozoite **ميروزيت**

تروفوزيت صغير جدا فى الطور الذى يلى مباشرة الانقسام العديد فى الأوليات.

mesencephalon (mid brain) **المخ الأوسط**

جزء من الدماغ يقع بين الدماغ الأمامى والدماغ الخلفى ويشتمل على مراكز السمع والإبصار.

mesenchyme **نسيج حشوى = ميزنكيم**

النسيج الضام الجنينى، وهو عبارة عن خلايا غير منتظمة أو أميبية مطمورة فى مادة هلامية.

mesentery (pl. mesenteries) **مسراق (الجمع: مساريقا)**

نسيج ضام يربط السطح الخارجى للمعدة والأمعاء بجدار البطن.

mesoglea **ميزوجليا = الرقاقة الداعمة = الغرائية الوسيطة**

طبقة من المادة الهلامية، أو اللاصقة، بين البشرة والأدمة المعدية فى اللاسعات، وقد تشير أيضا إلى المادة الهلامية بين الطبقات الطلائية للإسفنجيات.

mesolecithal eggs **بيض متوسط المح**

مثل بيض الأسماك والبرمائيات.

mesonephros **الكلية الوسطية**

وهى التى تتكون من القطع الوسطية الكلوية فى أجنة الفقاريات.

mesopodium **القدم الوسطية**

القطعة الثالثة من هيكل طرف رباعيات القدم.

الأجنحة الوسطية **mesoptergia**

الأجزاء القريبة للقطع القاعدية فى الزعنفة الصدرية للأسماك الغضروفية.

قدم وسطية المحور **mesoxonic**

وتوجد فى الحافريات مفردة الأصابع مثل الفرس.

الحقب الأوسط **Mesozoic Era**

ويمثل الأزمنة الجيولوجية المتوسطة، حيث تنوعت فيها الفقاريات الأرضية ومنها الزواحف، وسادت فيها الديناصورات، ويعرف بحقب الزواحف.

الحامض النووى الريبوزى المرسال (الرنا) **messenger RNA (m RNA)**

أحد أنواع الحامض النووى الريبوزى الذى يقوم بنقل الشفرة الوراثية لجين ما من الحامض النووى الدى أوكسى ريبوزى (الدنا) فى النواة إلى الريبوسومات فى السيتوبلازم حيث يتم تصنيع البروتينات.

التمثيل الغذائى أو الأيض **metabolism**

كل التفاعلات الكيميائية التى تحدث داخل جسم الكائن الحى.

العظم المشطى **metacarpals**

فى كف الطرف الأمامى لرباعيات القدم.

الكف **metacarpus**

فى الطرف الأمامى لرباعيات القدم.

ميتا سركاريا = سركاريا متحوصلة **metacercaria**

سركاريا الوشائع (الدودة الكبدية) التى تفقد ذيلها وتتحوصل.

عقلة متكررة = قطعة **metamere**

وحدة جسمية متكررة على امتداد المحور الطولى لحيوان لا فقارى.

تعقيل تكرارى **metamerism**

الحالة التى يتكون فيها الحيوان من قطع متكررة تسلسليا، التعقيل التسلسلى.

تحور = تحول **metamorphosis**

تغير حاد فى الشكل أثناء التكوين بعد الجنينى، مثل تحور يرقة الحشرة إلى الطور اليافع، أو تحور أبى ذنيبة إلى ضفدع بالغ.

metanephros — **الكلية البعدية**

وتوجد فى الرهليات.

metapodium — **القدم البعدية**

وهى القطعة الرابعة من هيكل طرف رباعيات القدم.

metapterygia — **الأجنحة البعدية**

الأجزاء البعيدة للقطع القاعدية فى الزعنفة الصدرية للأسماك الغضروفية.

metatarsals — **عظم المشط بالقدم**

ضمن الطرف الخلفى لرباعيات القدم.

metatarsus — **مشط القدم**

ضمن الطرف الخلفى لرباعيات القدم.

Metatheria — **الثدييات البعدية = الميتاثيريا**

وتشمل رتبة واحدة هي رتبة الكيسيات مثل الكنغر.

metencephalon — **الدماغ البعدى**

وهو جزء من الدماغ الخلفى ويشتمل على القنطرة والمخيخ.

microbes — **الميكروبات**

كائنات حية دقيقة تشتمل على البكتيريا والفطريات والأوليات والتى لا ترى إلا بالمجهر الضوئى.

microfilaments — **الخيوط الدقيقة**

خيوط حجمها صغير جدا توجد في سيتوبلازم بعض الخلايا وتساعد الخلية فى تغيير شكلها.

microneme — **خيط رقيق**

أحد أنواع التراكيب التى تكوّن المركب القمى فى شعبة البوغيات Apicomplexa، وهو رفيع وطويل ويمتد إلى الأمام، ويعتقد أنه يعمل على اختراق خلايا العائل.

micronucleus — **نواة صغيرة**

توجد فى الأوليات الهدبية، وتتحكم فى الوظائف التكاثرية.

microtubules — **الأنيبوبات الدقيقة**

خيوط أنبوبية الشكل توجد داخل السيتوبلازم وتساعد العضيات فى الحركة داخل الخلية.

microvilli **الخملات الدقيقة**

نتوءات حجمها صغير تَبرُز من سطح الخلايا الطلائية فى بعض الأنسجة الطلائية مثل بطانة الأمعاء الدقيقة.

mineral **معدن**

مادة غير عضوية (ومن أهم المعادن الموجودة فى الجسم الكالسيوم والفوسفور والبوتاسيوم والكبريت والصوديوم والكلورين والماغنسيوم).

mineralocorticoids **هرمونات القشرة الخاصة بالمعادن**

هرمونات ستيرودية تُفرز من قشرة غدة الكظر، ومن أهم وظائفها الحفاظ على توازن المعادن فى الجسم ومن أهمها هرمون الألدوستيرون.

miracidium **ميراسيديوم**

طور يرقى مهدب يوجد فى حياة ديدان التريماتودا.

mitochondria **الميتوكوندريا**

أحد عضيات الخلية وتُعد مصانع توليد طاقة الخلية؛ لذا توجد داخل سيتوبلازم كل الخلايا الحية، ويوجد بها الدنا الخاص بها.

mitosis **الانقسام الميتوزى (غير المباشر)**

الانقسام الخلوى الذى يحدث فى الخلايا الجسدية حيث ينتج من الخلية الأم خليتين بنويتين كل منهما تحتوى على نفس العدد الزوجى من الكروموسومات الموجود فى الخلية الأصلية.

mitral valve **الصمام الميترالى**

صمام يوجد بين الأذين الأيسر والبطين الأيسر فى القلب.

molars **الضروس الخلفية**

فى الثدييات وهى التى تطحن الطعام مع الضروس الأمامية.

monoamines **أحاديات الأمين**

مجموعة من النواقل العصبية تركيبها الأساسى R-NH2 ولا يدخل ضمن هذه المجموعة المركبات الببتيدية والأحماض الأمينية.

monocytes **كريات وحيدة النواة**

أحد أنواع كريات الدم البيضاء.

monophyodont dentition **تسنين منفرد**

كما فى الثدييات الأولية حيث تستبدل الأسنان بأسنان قرنية.

monosaccharide **أحادى التسكر**

مادة كربوهيدراتية بسيطة تشتمل على جزىء سكر واحد يتراوح عدد ذرات الكربون فيه بين ٣ و ٦ ذرات، ويُعتبر الجلوكوز والفراكتوز من أشهر أحاديات التسكر.

Monotremata **وحيدة المسلك (المخرج)**

وهى الرتبة الوحيدة من طائفة الثدييات الأولية البيوضة.

motor neuron **خلية عصبية محركة**

خلية عصبية صادرة حيث تحمل الإشارة العصبية من الجهاز العصبى المركزى إلى أعضاء الجسم المختلفة مثل الخلية العصبية المحركة للألياف العضلية الهيكلية.

mRNA **الرنا المرسال انظر messenger RNA**

mucopolysaccharides **عديدات التسكر المخاطية**

مجموعة من المركبات عديدة التسكر توجد فى المادة بين خلوية فى الأنسجة الضامة.

mucosa **المخاطية**

الطبقة الطلائية التى تُكوّن الجدار الداخلى للمعدة والأمعاء.

mucus **مخاط**

سائل لزج يُفرز من خلايا الغدد المخاطية.

Müllerian duct **قناة مولر**

وتظهر فى أجنة الأنثى والذكر للفقاريات، ثم تضمحل فى الذكر وتبقى فى الأنثى لتمثل القناة البيضية.

multipolar neuron **خلية عصبية عديدة الأقطاب**

وهى خلايا عصبية توجد فى الجهاز العصبى المركزى، والبروزات كلها شجرية ولها بروز واحد يمثل المحور.

muscle **عضلة**

عدد من الألياف العضلية تحاط معا بغلاف.

muscle fibre **ليفة عضلية**

يُطلق على الخلية العضلية الليفة العضلية.

muscle spindle **مغزل العضلة**

مستقبل حسى يتأثر بالشد على العضلة ومتصل بنهايات أليـاف عصبية حسـية ويوجد فى العضـلات الهيكلية حـيث يحتوى على عـدة ألياف عضلية متحورة.

mussel **محار (ذو مصراعين)**

حيوان ضمن الرخويات المائية.

mutation **طفرة**

أى تغير فى تتـابع القواعد النيتروجينية الموجـودة فى النيكليوتيدات فى جزىء الدنا والذى يؤدى بدوره إلى تغيرات فى الصفات الوراثية.

myelin **ميلين**

مادة عازلة تغطى محور الخلية العصبية.

myometrium **عضلات جدار الرحم**

وهى سميكة وقوية فى أنثى الثدييات.

myoseptum **حاجـز عضلى**

نسيج ضام يفصل بين العضلات.

N

nail **ظفر**

يغطى أطراف الأصابع فى الثدييات الرئيسية.

nematocyst **كيس اللسع**

عضى اللسع فى اللواسع Cnidaria.

neornithes **الطيور الحـديثة**

معظم الطيور الموجودة حاليا.

nephron **نفرون**

وحدة كـلوية تتكون من الكُبة ومـحفظة بومـان والأنيبـوبات البولـية، وتعمل على سحب مواد الإخراج من الدم على هيئة بول نحو الخارج.

neural arch **القوس العصبى**

وهو القوس الذى يُكوّن مع جـسم الفقرة القناة الفـقرية التى يمتد فيـها الحبل الشوكى.

neural crest — **العرف العصبى**

وتدخل خلاياه لتنتشر على جانبى الأنبوبة العصبية أثناء تكونها، وتتكون منها خلايا هامة مثل خلايا العقد العصبية والصبغية . . . إلخ.

neural fold — **ثنية عصبية**

وتتكون اثنتان عند انثناء الصفيحة العصبية لتُكوّن الأنبوبة العصبية.

neural groove — **ميزاب عصبى**

يظهر على سطح البطينة عند التقاء الثنيتين العصبيتين أثناء تكون الأنبوبة العصبية من الصفيحة العصبية.

neurocranium — **الجمجمة المخية**

وتشمل صندوق الدماغ والمحافظ الحسية.

neuroglia — **النسيج الغرائى العصبى**

نسيج يوجد بداخل الجهاز العصبى المركزى يعمل على دعم وتغذية الخلايا العصبية.

neurohypophysis (posterior pituitary) — **الجزء النخامى العصبى (الجزء الخلفى للغدة النخامية)**

جزء من الغدة النخامية ينطلق منه الهرمون المضاد لإدرار البول وهرمون الأوكسى توسين.

neuromasts — **مجاميع عصبية**

بها خلايا حسية تسجل الذبذبات، كما فى الأذن الداخلية للفقاريات وجهاز الخط الجانبى فى الأسماك.

neuron — **خلية عصبية**

الوحدة التركيبية والوظيفية للجهاز العصبى.

neuropodium — **فص القديمة العصبى = فص بطنى = رجيلة عصبية**

فص القديمة الأقرب للناحية البطنية القريب من العصب فى الحلقيات عديدة الأهلاب.

neutrophils — **كريات بيضاء متعادلة**

إحدى أنواع كريات الدم البيضاء ذات الحبيبات التى تُصبغ بالأصباغ المتعادلة، ولهذه الكريات مقدرة هائلة على التهام الميكروبات.

النيوريولا = الطور الجنيني العصبي **neurula**

وهو الطور العصبي بعد البطينة مباشرة حيث تتميز فيه الأنبوبة العصبية من الصفيحة العصبية والأجزاء الأساسية الأولية مثل الحبل الظهرى والمعى والقطع العضلية.

أجسام نيسل **Nissl bodies**

تظهر كتجمعات بالخلية العصبية وبفحصها بالمجهر الإلكترونى ثبت أنها عبارة عن تجمعات لأغشية أندوبلازمية محببة.

مستقبلات الإحساس بالألم (مستقبلات الألم) **nociceptors**

مستقبلات حسية عند إثارتها تُسبب الإحساس بالألم.

عقد رانڤييه **nodes of Ranvier**

نقاط على طول الليفة العصبية ذات الغمد حيث يكون غلاف المحور على اتصال مباشر بالسائل خارج الخلية.

النورابينفرين **norepinephrine (noradrenaline)**

أحد النواقل العصبية الذى يتبع مركبات الكاتيكول أمينات وينطلق من معظم الألياف العصبية السمبتاوية وأيضا من نخاع غدة الكظر وفى مناطق عديدة من الجهاز العصبى المركزى.

فص القديمة الظهرى = فص ظهرى = رجيلة ظهرية **notopodium**

فص القديمة الأقرب للناحية الظهرية فى الحلقيات عديدة الأهلاب.

غلاف النواة **nuclear envelope**

غشاء مزدوج يحيط بنواة الخلية.

ثقوب النواة **nuclear pores**

فتحات توجد فى غلاف النواة ومن خلالها تمر الجزيئات مثل الحامض النووى الريبوزى المرسال من النواة إلى السيتوبلازم.

الحامض النووى **nucleic acid**

مركب يتكون من وحدات تسمى النيكليوتيدات ويوجد منه نوعان هما الحامض النووى الريبوزى (الرنا) والحامض النووى الدى أوكسى ريبوزى (الدنا).

النوّية **nucleolus**

تركيب دائم الوجود داخل نواة الخلية وهو مكان تصنيع الريبوسومات.

nucleoprotein **البروتين النووى**

مركب يحتوى على حامض نووى وبروتين مُكتسب شحنة موجبة.

nucleotide **النيكليوتيد**

وحـدة بناء الأحمـاض النووية وتتكون من قـاعـدة نيتـروچينيـة وسكر خماسى وحامض فوسفوريك.

nucleus **نواة**

أحد التـراكيب الهامة الموجـودة داخل معظم الخلايا فى الجسم ومـحاط بغـلاف مزدوج يحتـوى على مـعظم الأحمـاض النووية الموجـودة فى الخلية.

O

obturator foramen **الفتحة السدادية**

وهى فتحة فى الحزام الحوضى فى رباعيات القدم.

occipital condyle **لقمة قذالية**

وهى تمثل اتصال الجمجمة مع الفقرة الأولى.

oculomotor nerve **العصب المحرك البصرى**

العصب المخى الثالث.

odontoblasts **خلايا عاجية سنية**

تفرز عاج السنة وهى خلايا أدمية.

odontoid process **البروز السنى**

يوجد فى الفقرة الثانية (المحورية) بين الثدييات، ويمثل محورا تدور عليه الجمجمة والفقرة الفهقية.

olfactory **شـمى**

متعلق بحاسة الشم.

olfactory nerve **العصب الشمى**

وهو العصب المخى الأول.

olfactory sac **كيس شمى**

عبارة عن كيس تحيطه المحفظة الشمية بالجمجمة.

omasum **المعـدة الثالثـة (التلافيف)**

توجد ضمن القناة الهضمية فى الحيوانات المجترة.

oncogenes **الچينات المسببة للسرطان**

عدة چينات لها علاقة بظهور الأورام السرطانية.

oocyte **خلية بيضية**

تتكون أثناء عملية نضوج البيض فى المبيض.

oocyst **الكيس البيضى = أووسيست**

كيس يحيط بزيجوت طفيلى الملاريا وأشباهه.

oogenesis **عملية تكوين البويضات**

وهى العملية التى تؤدى إلى تكوين بويضات ناضجة فى المبيض.

oogonia **مولدات البيض = أمهات البيض**

خلايا تنشأ من طبقة طلائية فى المبيض والتى تنقسم انقسامات عديدة غير مباشرة لتكوين خلية البويضة الأولية عند البلوغ الجنسى.

ookinte **بويضة متحركة = أكينيت = اللاقحة المتحركة**

الزيجوت المتحرك فى طفيلى الملاريا.

ootype **مبياض**

جزء من قناة البيض فى الديدان المفلطحة، والتى تستقبل قنوات الغدد المحية، وغدة ميلس، وفيها تتكون البويضات.

operculum **غطاء الخياشيم**

ويوجد فى الأسماك العظمية.

Ophidia **رتيبة الثعابين**

وهى زواحف بدون أرجل معظمها يبيض وبعضها يلد، مثل الدساس والحيات.

opisthonephros **الكلية الخلفية**

وهى كلية وسطية تمثل الكلية اليافعة فى البرمائيات.

opisthosoma **الجسم الخلفى = مؤخر الجسم**

المنطقة الخلفية من الجسم فى العنكبيات.

optic chiasma **تصالب بصرى**

وهو تقاطع العصبين البصريين أسفل الدماغ البينى قبل دخولهما منطقة الدماغ.

العصب البصرى **optic nerve**

وهو العصب المخى الثانى.

قمع فمى **oral funnel**

مثل الذى يوجد فى مقدمة السهيم وتحيطه لوامس حسية، ويدخل منه الماء المحتوى على حبيبات الطعام، ويؤدى إلى الدهليز.

إنسان الغابة **orangutan**

ويتبع القردة العليا من الرئيسيات فى الثدييات.

العصر الأردوازى **Ordovician period**

العصر الثانى من الحقب القديم وفيه بدأ ظهور الفقاريات غير الفكيّة.

عضو **organ**

تجمع لعدة أنسجة ترتبط فى وحدة تركيبية لتؤدى وظيفة ما، فالقلب مثلا يتكون من نسيج عضلى وعصبى وضام وطلائى، تؤدى معا وظيفة دفع الدم.

عضو كورتى **organ of Corti**

ويمثل الجزء السمعى من القوقعة فى الأذن الداخلية للثدييات.

عضيات **organelles**

انظر cell organelles.

فوهة = فويهة **osculum**

وهى الفتحة الزفيرية فى الأسفنج.

تنظيم أسموزى = ازموزى **osmoregulation**

المحافظة على التراكيز الداخلية المضبوطة للمعادن والماء بداخل الخلية.

الأسموزية **osmosis**

حالة خاصة من الانتشار حيث ينتقل الماء من المناطق ذات التركيز العالى بالنسبة للماء إلى المناطق الأقل تركيزا.

الأسماك العظمية **Osteichthyes**

وهى طائفة الأسماك ذات الهيكل العظمى.

الخلايا البانية للعظم **osteoblasts**

أحد أنواع خلايا العظم وهى مسئولة عن تكوين وترسيب المادة الموجودة بين الخلايا فى نسيج العظم.

ostium — **فتحة قناة البيض**

توجد فى الأنثى وهى محاطة بقمع مشرشر.

Ostracodermi — **مدرعة الجلد (أستراكودرمى)**

وهى أول فقاريات ظهرت فى الحقب القديمة، وهى حيوانات بحرية عديمة الفكوك غضروفية الهيكل ولكن تغطيها صفائح عظمية متصلة مع بعضها تحد من حركتها.

ovary — **مبيض**

المنسل الذى يوجد فى الأنثى حيث تتكون الأمشاج الأنثوية.

oviduct — **قناة البيض**

وهى التى تتلقى البويضات عند خروجها من المبيض إلى السيلوم.

oviparous — **بيوضة**

وهى الحيوانات التى تضع بيضها إما فى الماء مثل الأسماك، وإما على الأرض مثل الزواحف والطيور وفى هذه الحالة يكون البيض محاطا بقشرة كلسية قوية لحمايته.

ovoviviparous — **ولودة بيوضة**

وتُطلق على الحيوانات التى تضع جنينا متكاملا ولكنه تغذى بداخل الأم على المح بالبيضة، وليس عن طريق المشيمة كما فى الثدييات، والمثال الواضح هو الأسماك الغضروفية.

ovum (pl. ova) — **البويضة (الجمع بويضات)**

المشيجة (الخلية التناسلية) فى الأنثى.

oxidative deamination — **نزع المجموعة الأمينية ($-NH_2$) بالأكسدة**

تفاعل يتم فيه نزع المجموعة الأمينية من حامض أمينى فى صورة أمونيا وتستبدل بذرة أكسجين لتكوين حامض كيتونى.

oxidative phosphorylation — **الفسفرة عن طريق الأكسدة**

عملية اختزان الطاقة بارتباط الهيدروجين بالأكسجين لتكوين جزىء الماء، وأثناء ذلك يتم تكوين مركب الأدينوزين ثلاثى الفوسفات من اتحاد الفوسفات غير العضوى بالأدينوزين ثنائى الفوسفات.

oxyhaemoglobin (HbO_2) — **أوكسى هيموجلوبين**

هيموجلوبين مرتبط بالأكسجين.

oxyntic cells **خلايا حامضية**

انظر parietal cells.

oxytocin **الأوكسي توسين**

هرمون ببتيدى يتكون من ارتباط ٩ أحماض أمينية فى منطقة تحت المهاد في الدماغ وينطلق فى الدم من الجزء النخامى العصبى ويحفز الغدد الثديية لإدرار اللبن وأيضا يسبب انقباض الرحم.

P

P wave **الموجة P**

إحدى موجات رسم القلب الكهربى وهى تعكس انقباض الأذينين.

pacemaker **منظم النبضات**

نسيج عضلى متحور يوجد فى جدار القلب قرب الأذين الأيمن حيث يسبب بداية واستمرارية انقباض عضلة القلب.

Pacinian corpuscles **كريات باسينى**

مستقبلات ميكانيكية توجد فى الجلد وتسمى بهذا الاسم نسبة إلى عالم التشريح الإيطالى باسينى.

palatoquadrate cartilage **الغضروف الحنكى المربعى**

الجزء العلوى من القوس الفكى ويمثل الفك العلوى للفقاريات الجنينية.

Paleozoic Era **الحقب القديم**

وهو أطول حقب چيولوچى قديم لبدء تواجد العديد من حفريات معظم اللافقاريات.

palm **كف اليد**

فى هيكل طرف رباعيات القدم.

palp cavity **تجويف اللب**

كما فى داخل القشور السنية فى الأسماك الغضروفية.

pancreas **بنكرياس**

غدة توجد فى تجويف البطن قرب المعدة وتتصل بالأمعاء الدقيقة عن طريق القناة البنكرياسية، وهى تحتوى على كل من الخلايا الغدية ذات الإفراز الخارجى والخلايا الغدية الصماء؛ لذا فالبنكرياس يعتبر غدة مزدوجة (أى غدة صماء وغدة ذات إفراز خارجى).

القناة البنكرياسية **pancreatic duct**

قناة تحمل العصارة البنكرياسية إلى الإثنى عشر.

الليبيز البنكرياسى **pancreatic lipase**

أحد إنزيمات العصارة البنكرياسية ويعمل على تكسير الجلسريدات الثلاثية إلى أحماض دهنية وأحادى جلسريدات.

انظر cholecystokinin (CCK) **pancreozymin**

قديمة = شبه قدم **parapodium**

إحدى الزوائد الجانبية المزدوجة التى توجد على كل جانب من حلقات الديدان عديدات الأهلاب، وتتحور للحركة والتنفس.

جارفقرية **parapophysis**

تمتد من الفقرات فى رباعيات القدم.

جاروتدى = أسفينى **parasphenoid**

عظم سفلى فى جمجمة الفقاريات.

الجهاز العصبى جار السمبتاوى (نظير السمبتاوى) **parasympathetic nervous system**

جزء من الجهاز العصبى الذاتى، وتنشأ الأعصاب الخاصة به من جذع الدماغ ومن الجزء العجزى من الحبل الشوكى ونهايات هذه الأعصاب تطلق الناقل العصبى الأستيل كولين.

الباراثورمون **parathormone**

انظر parathyroid hormone.

الغدد الجاردرقية **parathyroid glands**

أربعة غدد مجاورة للغدة الدرقية من الجهة الظهرية وتقوم بإفراز هرمون يعمل على تنظيم مستوى الكالسيوم فى الدم.

هرمون الجاردرقية **parathyroid hormone (PTH)**

هرمون ببتيدى يُفرز من الغدد الجاردرقية ويعمل على تنظيم مستوى الكالسيوم فى الدم.

عقد جار فقرية **paravertebral ganglia**

تتبع الجهاز السمبتاوى من الجهاز العصبى الذاتى.

قدم جانبية المحور **paraxonic**

وتوجد فى الحافريات مزدوجة الأصابع مثل الماشية والأغنام.

بارنشيما = نسيج حشوى **parenchyma**

فى الحيوانات الدنيا، وهى كتلة إسفنجية من الخلايا الحشوية ذات التجاويف تملأ المسافات بين الأحشاء والعضلات أو الأنسجة الطلائية.

خلايا جدارية (خلايا حمضية) **parietal cells (oxyntic cells)**

خلايا غدد معدية تُفرز حامض الهيدروكلوريك.

مرض باركينسون **Parkinson's disease**

مرض من أعراضه الرعشة؛ لذا يُعرف باسم الشلل الرعاش ومن أسبابه ضمور الخلايا العصبية فى إحدى مناطق الدماغ تسمى المادة السوداء التى ينطلق منها الناقل العصبى الدوبامين.

الغدة النكافية **parotid gland**

واحدة من ثلاثة أزواج من الغدد اللعابية التى تقوم بإفراز اللعاب فى تجويف الفم.

التوالد البكرى = العذرى **parthenogenesis**

تكاثر يتضمن إنتاج صغار بدون تلقيح، وهو شائع فى العجليات ومتفرعات القرون، والنمل والزنابير، وقد تحتوى البيضة المتوالدة عذريا على عدد زوجى أو أحادى من الكروموسومات.

الانتقال الميسر **passive transport**

أحد طرق الانتقال من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل ولا تُستهلك طاقة لإتمام هذا النوع من الانتقال.

قشيرة **pellicle**

غشاء رقيق شفاف يغطى الكثير من الحيوانات الأولية ويحفظ شكلها.

طرف خماسى الأصابع **pentadactyle limb**

ويشير إلى أطراف رباعيات القدم الأولية التى يحتوى كل طرف فيها على خمسة أصابع، وقد يحدث تحور فيها بفقدان بعضها أو ضمور بعضها عن الآخر.

ببسين **pepsin**

أنزيم يُفرز من المعدة فى صورة غير نشطة يُسمى ببسينوجين ويعمل على تكسير البروتين إلى مركبات ببتيدية.

pepsinogen ببسينوجين

الصورة غير النشطة للأنزيم الذى يُفرز فى المعدة من خلايا الغدد الهضمية.

pericardium غشاء التامور

وهو الذى يحيط بالقلب فى الفقاريات.

perilymph ليمف حولى = ليمف الأذن

ويوجد حول الأذن الداخلية فى الفقاريات.

Perissodactyla الحافريات فردية الأصابع = أحادية الظلف

رتبة من الثدييات، مثل الخيل ووحيد القرن وهى آكلة عشب.

permanent teeth أسنان دائمة

تبقى طوال الحياة بعد التسنين وسقوط الأسنان اللبنية.

Permian period العصر البرمينى

وهو آخر عصور الحقب القديم أى أحدثها، ويليه مباشرة الحقب الأوسط.

peroxisome البيروكسيسوم

إحدى عضيات الخلية ويشبه الليسوسوم ولكنه يختلف عنه فى المحتوى الكيميائى وله المقدرة على تحطيم النواتج الضارة للتفاعلات الكيميائية.

phagocytosis الالتهام = البلعمة

أحد طرق الابتلاع والتى تقوم به بعض الخلايا فى الجسم حيث يكون لها المقدرة على التهام بعض الجزيئات الكبيرة مثل البكتيريا.

phalanx (pl. phalanges) عقلة الأصبع

أحد عظيمات الأصابع فى رباعيات القدم.

phasmid فازميد

أحد اثنين من الغدد، أو التراكيب الحسية فى الطرف الخلفى للديدان الخيطية.

pharyngeal arches أقواس بلعومية

وتمثل الجمجمة الحشوية فى الفقاريات.

pharynx البلعوم

ممر مشترك حيث يؤدى إلى المرىء فى القناة الهضمية وأيضا يؤدى إلى القصبة الهوائية فى الجهاز التنفسى.

phospholipids **الفوسفوليبيدات**

أحد أنواع الليبيدات حيث تحتوى على مجموعة فوسفات وجزىء نيتروجينى مع الجليسرول؛ ولذا تُعرف باسم الليبيدات المركبة وهى من أهم محتويات أغشية الخلايا.

phosphorylation **الفسفرة**

إضافة مجموعة فوسفات إلى جزىء عضوى.

photopigment **صبغ ضوئى**

جزىء حساس للضوء حيث يتغير بامتصاص طاقة الضوء عند طول موجى محدد مثل الرودوبسين الموجود فى عصى شبكية العين.

photoreceptors **مستقبلات الضوء**

فى شبكية العين وتشمل العصى والمخاريط وكذلك الأجزاء الحساسة للضوء فى اللافقاريات.

photosynthesis **التمثيل (التصنيع) الضوئى**

تفاعل كيميائى من خلاله تستطيع النباتات الخضراء فى وجود الماء الممتص من التربة وضوء الشمس وثانى أكسيد الكربون الموجود فى الجو تكوين الجلوكوز والأكسجين.

phylum (pl.phyla) **شعبة**

مجموعة رئيسية بين المملكة والطائفة من التقسيمات التصنيفية، وتضم كائنات ذات أصل مشترك، ونمط أساسى للتعضى.

pit vipers **ثعابين ذات النقرة**

وبها نقر على كل جانب بين العين وفتحة المنخار فيها خلايا حسية تتميز بقدرة فائقة لتمييز التغيرات الطفيفة فى درجة حرارة الوسط؛ ولذلك يمكنها اصطياد فريسة ثديية فى الليل.

pituitary gland **الغدة النخامية**

غدة صماء توجد أسفل منطقة تحت المهاد فى الدماغ وتتحكم فى وظائف معظم الغدد الصماء الأخرى فى الجسم.

pituitary gonadotropins **انظر** gonadotropic hormones

placenta **مشيمة**

تركيب وعائى دموى يتكون من اندماج أنسجة الجنين وأنسجة الأم ومن خلاله يتغذى الجنين أثناء وجوده فى رحم الأم.

مصفحة الجلد (بلاكودرمى) **Placodermi**

أول فقاريات فكية ظهرت وتطورت من مدرعة الجلد (أستراكودرمى) فى الحقب القديم بظهور الفكوك الذى يعتبر من أكبر خطوات التطور بين الفقاريات.

قشور سنية **placoid scales**

تُغطى أجسام الأسماك الغضروفية وتبرز منها شوكة تتجه نحو الخلف والجزء المنغرس فى الأدمة يُسمى الصفيحة القاعدية.

أخمصية السير **plantigrade**

الثدييات التى تسير على اليد أو القدم بما فيها من معصم وكاحل وأصابع كما فى الرئيسيات والدببة.

بلانيولا **planula**

يرقة اللاسعات المهدبة حرة المعيشة، وهى عادة مفلطحة وبيضاوية، ذات طبقة خارجية من الخلايا الأكتودرمية، وكتلة داخلية من الخلايا الأندودرمية.

البلازما **plasma**

المحتوى السائل للدم، وهى جزء من السائل خارج الخلايا والموجود داخل الأوعية الدموية.

الخلايا البلازمية **plasma cells**

خلايا ناتجة من كريات الدم البيضاء الليمفية والمعروفة باسم الخلايا البائية وتقوم بإفراز أجسام مضادة.

الغشاء البلازمى **plasma membrane**

غشاء الخلية الذى يُكوِّن السطح الخارجى لها ويفصل محتوياتها عن السائل خارج الخلية.

بروتينات البلازما **plasma proteins**

البروتينات الموجودة فى بلازما الدم وهى الألبيومين والجلوبيولين والفيبرينوچين.

الدرقة **plastron**

الجزء العظمى القرنى ويُمثل صندوق السلحفاة السفلى.

platelets **الصفائح الدموية**

أحد أنواع خلايا الدم ولها عدة وظائف مرتبطة بتكوين الجلطة الدموية.

pleurodont dentition **أسنان جانبية**

تتصل بالسطح الداخلى لعظمة الفك، كما فى البرمائيات وكثير من العظايا.

poison fangs **أنياب سامة**

فى الثعابين والحيات.

polar body **الجسم القطبى**

خلية ذات حجم صغير وتحتوى على كمية قليلة من السيتوبلازم ويتم تكوينها أثناء انقسام خليتى البويضة الأولية والثانوية.

polymorphonuclear granulocytes **الكريات البيضاء المحببة عديدة النواة**

أحد أنواع كريات الدم البيضاء وتحتوى على حبيبات ويوجد منها ثلاثة أنواع: الكريات المتعادلة، والكريات الحمضية، والكريات القاعدية.

polypeptide **عديد الببتيد**

مركب يتكون من عدة أحماض أمينية ترتبط معا بواسطة روابط ببتيدية.

polyphyletic **متعدد الأصول**

ينحدر من أكثر من أصل سلفى واحد، عكس وحيد الأصل.

polyphyodont dentition **عديد تبديل الأسنان**

فالتبديل غير محدود كما فى الزواحف.

polysaccharide **عديد التسكر**

جزىء من الكربوهيدرات معقد التركيب يتكون من ارتباط العديد من أحاديات التسكر ومن أشهرها النشا والجليكوجين.

portal vessels **أوعية بابية**

أوعية دموية تبدأ وتنتهى بشعيرات دموية وعلى ذلك فإن هذا النوع من الأوعية يربط بين مجموعتين منفصلتين من الشعيرات الدموية.

postaxial radials **شعاعات خلف محورية**

فى زعانف الأسماك الرئوية.

posterior cardinal vein **وريد رئيسى خلفى**

يتجه بالدم من الخلف إلى القلب.

posterior choroid plexus الضفيرة المشيمية الخلفية

شبكة شعيرات دموية فى سقف الدماغ الخلفى للتغذية.

posterior pituitary النخامية الخلفية

انظر neurohypophysis.

posterior vena cava وريد أجوف خلفى

يحمل الدم نحو القلب فى رباعيات القدم.

postganglionic fibers ألياف عصبية بعد عقدية

أجسام خلاياها تقع بداخل العقد الذاتية وتصل منها الألياف إلى العضو المتأثر.

postganglionic neuron خلية عصبية بعد عقدية

خلية عصبية توجد فى عقد الجهاز العصبى الذاتى حيث تمتد نهاياتها إلى عضو الاستجابة فى الأحشاء.

postsynaptic neuron خلية عصبية بعد التشابك

خلية عصبية تعمل على توصيل الإشارة بعيدا عن منطقة التشابك العصبى.

postzygapophyses أسطح تمفصل خلفية للفقرة

أسطح تمفصل الفقرة مع الفقرة التى تليها فى العمود الفقارى.

potential difference فرق الجهد

فرق الجهد بين نقطتين (مثل فرق الجهد بين خارج وداخل الخلية).

preaxial radials شعاعيات قبل محورية

فى زعانف الأسماك الرئوية.

Precambrian قبل الكمبرى

وهى الأزمنة التى سبقت الحقب القديم.

Preganglionic fibers ألياف عصبية قبل عقدية

أجسام خلاياها تقع بداخل الجهاز العصبى المركزى وتنتهى هذه الألياف فى العقد الذاتية.

preganglionic neuron خلية عصبية قبل عقدية

خلية عصبية يقع جسمها فى الجهاز العصبى المركزى وتمتد نهاياتها فى العقد العصبية التابعة للجهاز العصبى الذاتى.

prehensile **قابض**

عضو قابض مستخدم فى الإمساك بالأشياء.

premaxilla **الفك العلوى الأمامى**

فى جمجمة الفقاريات.

premolars **ضروس أمامية**

وتطحن الطعام فى الثدييات.

presynaptic neuron **خلية عصبية قبل تشابكية**

خلية عصبية تعمل على توصيل الإشارة العصبية إلى منطقة التشابك العصبى.

prezygapophyses **أسطح تمفصل أمامية للفقرة**

أسطح تمفصل الفقرة مع الفقرة التى قبلها فى العمود الفقارى.

primary active transport **النقل النشط الأساسى**

عملية انتقال الأيون أو الجزىء من التركيز الأقل إلى التركيز الأعلى وهو ما يُعْرف بالانتقال عكس فرق التركيز، وهذا يحتاج إلى وجود ناقل مناسب وإلى استهلاك جزء من الطاقة يساعد فى عملية الانتقال. مثال ذلك انتقال الصوديوم والبوتاسيوم.

Primata **الرئيسيات**

رتبة من الثدييات وتضم القردة والقردة العليا.

Proboscidia **الخرطوميات**

رتبة من الثدييات وتضم الفيلة.

proctodeum **الغرفة المستقيمة**

وتُمثل الجزء الخلفى من المجمع فى الطيور.

progesterone **البروچستيرون**

هرمون استيرودى يُفرز أساسا بواسطة الجسم الأصفر وأيضا من المشيمة ويعمل على تحفيز الإفراز من غدد الرحم ويُثبط انقباض عضلات الرحم الرقيقة.

prokaryotic, procaryotic **بدائى النواة**

كائن لا يحيط بأنويته أغشية، والكائنات الحية ذات الأنوية البدائية أدنى من الكائنات ذات الأنوية الحقيقية eukaryotic، وتُمثلها البكتيريا والسيانوبكتيريا.

prolactin البرولاكتين

هرمون ببتيدى يُفرز من الجزء النخامى الغدى ويُحفز إفراز اللبن من الغدد الثديية.

الهرمون المثبط لإطلاق هرمون البرولاكتين

prolactin - inhibiting hormone (PIH)

هرمون يُفرز من منطقة تحت المهاد فى الدماغ ويُسبب نقص إفراز هرمون البرولاكتين من الجزء النخامى الغدى.

prolactin - releasing hormone (PRH) الهرمون المحرر لهرمون البرولاكتين

هرمون يُفرز من منطقة تحت المهاد فى الدماغ ويُسبب زيادة إفراز هرمون البرولاكتين من الجزء النخامى الغدى.

pronephros الكلية الأولية

وتتكون فى أجنة الفقاريات ثم تختفي وتحل محلها الكلية الوسطية ثم البعدية فى الرهليات.

propodium قبل القدم

أول قطعة فى هيكل أطراف رباعيات القدم.

proprioceptors مستقبلات ذاتية

مستقبلات حسية فى العضلات والمفاصل والأربطة.

propterygia الأجنحة الأمامية

من القطع القاعدية بالزعنفة الصدرية فى الأسماك الغضروفية.

prosencephalon المخ الأمامى = مُقدّم الدماغ

حويصلة الدماغ التى ينمو فيها نصفا الكرة المخيتان، والجسم الجاسئ والمقرن الأمامى وقبوة الجسم الجاسئ وغيرها.

prostaglandins البروستاجلاندينات

مجموعة من الأحماض الدهنية غير المشبعة ومُحورة حيث تُفرَز بكميات قليلة من معظم أنسجة الجسم وتلعب دورا أساسيا فى استجابة الأنسجة للإصابات.

prostate gland غدة البروستاتة

توجد فى الثدييات الذكرية، بالقرب من مدخل القنوات المنوية تنتُج مع غدد أخرى تناسلية بعض مكونات المنى وتُفرغ فى مجرى البول.

protease **البروتييز (أنزيم هاضم للبروتين)**

أنزيم يعمل على تكسير الروابط الببتيدية بين الأحماض الأمينية فى سلاسل عديدات الببتيدات.

protein **بروتين**

جزيء ضخم يتركب من سلسلة أو عدة سلاسل من الأحماض الأمينية والتى ترتبط بالروابط الببتيدية ويوجد فى جميع خلايا الجسم.

protein binding site **موقع الربط البروتينى**

انظر binding site.

prothrombin **البروثرومبين**

مركب غير نشط يتكون فى الكبد ويوجد فى بلازما الدم وعند تكوين الجلطة يتحول من الصورة غير النشطة إلى الصورة النشطة ثرومبين.

Protista **مملكة البروتستا**

وتضم الكائنات اللاخلوية من ذوات الأنوية الحقيقية وتشمل الحيوانات الأولية والطحالب.

Prototheria **الثدييات الأولية = البيوضة (طويئفة)**

وهى بيوضة ويبقى منها حاليا نوعان بأستراليا: ذو المنقار البطى وآكل النمل الشوكى.

proventriculus **المعدة الغدية = المعدة الهضمية الأمامية**

المعدة الغدية فى الطيور بين الحوصلة والقانصة.

proximal tubule **الأنيبوبة القريبة**

الجزء الأنبوبى الملتوى الأول فى النفرون (وحدة تكوين البول فى الكلية) بعد محفظة بومان.

pseudocoel **سيلوم كاذب**

تجويف فى جسم الحيوانات لا يبطنه البريتون، وهو ليس جزءا من الأجهزة الدموية أو الهضمية، ينشأ فى الجنين من تجويف البلاستولة.

pterygiophores **حاملات جناحية**

وتوجد فى قواعد الأشعة الزعنفية فى الأسماك كقطع صغيرة غضروفية أو عظمية.

pterygoid العظم الجناحى

فى جمجمة الفقاريات.

PTH انظر parathyroid hormone

pubis العظم العانى

وهو أحد مكونات الحزام الحوضى للفقاريات.

pulmonary رئوى

متعلق بالرئتين.

pulmonary artery الشريان الرئوى

ويحمل الدم من القلب إلى الرئتين للتزود بالأكسجين فى رباعيات القدم.

pupil إنسان العين (حدقة العين)

فتحة قزحية العين من خلالها يمر الضوء لكى يسقط على الشبكية.

purine bases قواعد البيورين

مركبات نيتروجينية قاعدية مزدوجة الحلقات تدخل فى تركيب النيكليوتيدات (وحدات تركيب الأحماض النووية) وهى الأدينين والجوانين.

Purkinje fibers ألياف بيركنجى

خلايا خاصة موجودة فى القلب ضمن الجهاز الموصل للإشارة العصبية حيث تعمل على توصيل جهد الفعل من فرعى حزمة هس إلى عضلات البطينين.

pygostyle القلم الذيلى

وهو هيكل الجزء المرئى من ذيل الطيور.

pyloric sphincter الصمام البوابى

ويفصل بين المعدة والإثنى عشر فى الفقاريات.

pyrimidine bases قواعد البيرميدين

مركبات نيتروجينية قاعدية تتركب من حلقة واحدة تدخل فى تركيب النيكليوتيدات (التى هى وحدة تركيب الأحماض النووية) وهى السيتوزين والثيامين واليوراسيل.

pyruvate البيروفيت

أيون يحمل شحنة سالبة عند تحلل حامض البيروفيك.

pyruvic acid **حامض البيروفيك**

حامض كيتونى يحتوى على ٣ ذرات كربون وينتج فى عملية تحلل الجلوكوز وفى غياب الأكسجين يتحول فى الخلايا إلى حامض اللاكتيك، أما فى وجود الأكسجين يدخل فى دورة كربس.

Q, R

QRS wave **موجة QRS**

إحدى موجات رسم القلب الكهربى ويرتبط ظهورها بانقباض البطينين.

radiale **عظمة رسغ كعبرية**

فى الطرف الأمامى لرباعيات القدم.

radius **العظم الكعبرى**

وهى إحدى عظمتى الذراع الأمامية من طرف رباعيات القدم.

radula **مفتات**

يُطلق على حامل الأسنان الذى يوجد فى التجويف الفمى لكثير من الرخويات.

ramus communicans (pl. rami communicantes) **فرع موصل**

ومنها الوصلة البيضاء التى توصل الألياف قبل العقدية من العصب الشوكى إلى العقدة الفقرية، والوصلة الرمادية أو المرتدة التى توصل أليافا بعد عقدية إلى العصب الشوكى تتجه نحو الجلد.

rasping tongue **لسان ناشر**

تغطيه بروزات أو أسنان قرنية لنشر الفريسة، مثل الذى يوجد فى الجلكى المتطفل.

ratites **مجموعة الطيور مسطحة القص**

مثل النعام والإيمو والكيوى وهى غير طيارة بالمعنى المألوف للطيور الأخرى وذلك لضعف عضلات الصدر فوق القص.

rattle snake **الحية ذات الأجراس**

لديها حلقات قرنية ملتصقة فوق الذيل تسمى أجراس الحية، لأنها تحدث أصواتا عند احتكاكها.

receptor — **مستقبل (ضمن الأجهزة الحسية)**

تركيب قد يكون ضمن نهايات خلية حسية أو تركيب خاص منفصل عنها لاستقبال تغيرات أحد أنواع الطاقة فى البيئة.

rectal gland — **غدة المستقيم**

فى الأسماك الغضروفية تفرز الأملاح.

rectum — **المستقيم**

جزء من الأمعاء الغليظة يقع بين القولون وفتحة الشرج.

reflex action — **الفعل العصبى المنعكس**

عملية الاستجابة لإشارة عصبية بطريقة لا إرادية.

reflex arc — **القوس العصبى المنعكس**

يشتمل على مكونات الفعل العصبى المنعكس وهى المُستقبل والخلية الحسية والخلية الموصلة والخلية المحركة وعضو الاستجابة.

releasing hormones — **الهرمونات المحفزة**

هرمونات تُفرز من خلايا عصبية فى منطقة تحت المهاد بالدماغ وتتحكم فى انطلاق هرمونات الجزء النخامى الغدى.

renal — **كلوى**

متعلق بالكلية.

renal cortex — **قشرة الكلية**

الجزء الخارجى من الكلية.

renal medulla — **نخاع الكلية**

الجزء الداخلى من الكلية.

renal pelvis — **حوض الكلية**

تجويف مركزى كبير عند قاعدة الكلية يستقبل البول من الأنابيب المجمعة ويصب فى الحالب.

renal portal system — **جهاز كلوى بابى**

يتجه فيه الدم نحو الكلية فى أوردة كلوية بابية، ثم يتجمع من الكلية فى أوردة كلوية تتجه نحو القلب، وذلك فى معظم الفقاريات ولكنه غير موجود فى الثدييات ودائريات الفم.

الرنين **renin**

هرمون يُفرز بواسطة الكليتين ويساعد فى تحويل الأنجيوتنسينوجين إلى الانجيوتنسين I فى الدم.

التنفس **respiration**

عملية تبادل الغازات بين الخلايا والوسط الخارجى، وأيضا على المستوى الخلوى يعنى عملية استخدام الأكسجين فى أكسدة المادة الغذائية لانطلاق الطاقة.

النسبة التنفسية **respiratory quotient (RQ)**

النسبة بين حجم ثانى أكسيد الكربون المتكون وحجم الأكسجين المستهلك فى التمثيل الغذائى.

معدل التنفس **respiratory rate**

عدد مرات التنفس فى الدقيقة.

الجهاز التنفسى **respiratory system**

التراكيب المستخدمة فى عملية تبادل الغازات بين الدم والوسط الخارجى، وهى الرئتان والقصبة الهوائية والشعبتان الهوائيتان والشعيبات بالإضافة إلى عضلة الحجاب الحاجز وعضلات الضلوع.

جهد الراحة **resting membrane potential (resting potential)**

الفرق فى الجهد الكهربى بين داخل وخارج الخلية.

المعدة الثانية **reticulum**

فى الحيوانات المجترة.

الشبكية **retina**

طبقة رقيقة من النسيج العصبى توجد فى العين تحتوى على مستقبلات الإبصار.

الريتينال **retinal**

صورة من فيتامين أ يدخل فى تركيب صبغ الإبصار.

معامل ريزس **Rh factor**

معامل إلصاق يُوجد على أغشية كريات الدم الحمراء لحوالى ٨٥٪ من البشر.

rhabdite عصا = قضيب

تركيب عصوى فى خلايا البشرة أو البرانشيما التى تقع تحتها، فى بعض الدواميات (Turbellaria)، وتُطلقه ضمن إفرازات مخاطية.

rheopallium, tentaculocyst حويصلة لامسية = عصاة حسية

أحد أعضاء الحس التى توجد على حافة بعض قناديل البحر.

Rhinoceros الكركدن (وحيد القرن)

من الحافريات وله قرن وسطى (أو قرنان خلف بعضهما) فوق منطقة العظم الشمى للجمجمة.

rhodopsin الرودبسين

صبغ الإبصار الموجود فى العصى فى شبكية العين.

rhombencephalon (hind brain) الدماغ الخلفى

ويشتمل على القنطرة والمخيخ والنخاع المستطيل.

Rhynchocephalia خرطومية الرأس

رتبة من الزواحف ويبقى منها نوع واحد فقط فى أستراليا يسمى سفيندون وهو يشبه العظاءة.

ribonucleic acid (RNA) الحامض النووى الريبوزى (الرنا)

شريط فردى يتكون من النيكليوتيدات التى تحتوى على سكر الريبوز ويوجد منه ٣ أنواع.

ribosome الريبوسوم

أحد المكونات المعلقة فى السيتوبلازم أو الملتصقة على الغشاء الأندوبلازمى المحبب ويساعد فى ربط الأحماض الأمينية لتصنيع البروتين.

RNA انظر ribonucleic acid

Rodentia القوارض

رتبة من الثدييات معظمها صغير الحجم، مثل الفئران والجرذان والسنجاب والجربوع، وتتغذى بقرض الغذاء.

RQ انظر respiratory quotient

rumen المعدة الأولى

فى الحيوانات المجترة.

ruminants **الثدييـات المجترة**

مثل الماشية والأغنام والجمل.

S

SA node انظر sinoatrial node

sacculus **كيس**

الجزء السفلي للأذن الداخلية ويخرج منه الجيب السمعي.

saccus vasculosus **الكيس الدموي**

كيس غنى بالأوعـية الدمـوية يبرز من قاع الدمـاغ البينى فى الأسـماك الغـضـروفـية، وهو عـضـو حـسى يحـتـوى على سـائل من البطين الثالث.

sacral vertebra **فقرة عجزية**

ضمن الفقرات التى تلى المنطقة القطنية.

saliva **اللعاب**

محلول مائى يحتوى على أملاح وبروتينات يُفرز من الغدد اللعابية ومن أهم مُكوناته الميوسين.

saprozoic **حيوان رمي التغذية**

حيث تكون طريقـة التغذية من خـلال امتصاص الأمـلاح الذائبة والمواد الغذائية العـضوية البسيطة من الوسط المحيط، وتشيـر إلى التغذية على مادة متحللة.

sarcomere **القطعة العضلية = القطعة اللحمية**

المسافـة فى الليـيفة العضليـة الهيكليـة بين خطين متتـاليين من الخطوط المعروفة باسم خطوط z والتى تُكوّن وحدة انقباض العضلة.

sarcoplasmic reticulum **الشبكة الأندوبلازمية العضلية**

أحد العـضيات الموجـود فى الألياف العضليـة ويُختزن فـيه وينطلق منه أيونات الكالسيوم.

schizocoel **سيلوم انشقاقى**

سـيلوم ينشأ بـانشقـاق الميزودرم الجـنينى كمـا فى مـفصليـات الأرجل والرخـويات، ويُطلق عليـهـا الحـيوانات ذات السـيلوم الانشـقـاقى - Schizocoelomates.

schizogony **انشقاق**

انقسام لا جنسي متعدد.

Schwann cell **خلية شوڤان**

خلية مُدعّمة تحيط بالألياف العصبية الطرفية وتُكوّن الغمد النخاعى حول محور الألياف العصبية ذات الغمد فى الجهاز العصبى الطرفى.

sclera **الصلبة**

وهى الطبقة الخارجية لكرة العين للحماية وتتكون من نسيج ضام ليفى فى الثدييات، وتكون مُزودة بصفائح غضروفية كما فى الأسماك أو عظمية كما فى الطيور.

scleroblast **خلية هيكلية**

خلية أميبية متخصصة لإفراز الأشواك، وتوجد فى الإسفنجيات.

scolex **رؤيس = رأس صغير**

عضو التثبيت فى الديدان الشريطية ويحمل ممصات وأحيانا خطاطيف كذلك، ويكوّن الرؤيس منطقة النمو التى تنشأ منها أسلات الدودة.

scrotal sac **كيس الصفن**

ويحيط بالخصى الموجودة خارج تجويف البطن فى الثدييات.

scyphistoma, hydrotaba **الفنجالة = الأنبوبة الهدرية**

طور فى تكوين قناديل البحر الفنجالية، يتكون بعد أن تتثبت اليرقة على أحد المرتكزات، وهو الشكل البوليبى فى قناديل البحر.

sebaceous glands **الغدد الدهنية**

غدد فى الجلد تقوم بإفراز مادة دهنية.

secondary active transport **النقل النشط الثانوى**

عملية انتقال مادتين أو أكثر عبر غشاء الخلية، أحد هذه المواد (غالبا الصوديوم) ينتقل من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل، وهذا يعمل على دفع مادة أخرى للانتقال من التركيز الأقل إلى التركيز الأعلى.

secondary spermatocyte **خلية منوية ثانوية**

خلية جرثومية ذكرية تتكون من خلية منوية أولية أثناء تكوين الحيوانات المنوية فى الخصية.

الإفراز **secretion**

خروج وانطلاق جزيئات عضوية وأيونات فى وسط مائى بواسطة خلايا نتيجة للإستجابة لمنبه خاص.

حويصلات إفرازية **secretory vesicles**

حويصلات أو أكياس صغيرة تتكون بواسطة جهاز جولچى وتحتوى على جزيئات معقدة (بروتينات مثلا) لكى يتم إفرازها بواسطة الخلية.

عقلة = شُدفة **segment**

جزء من الأجزاء المتكررة فى بعض الحيوانات مثل الديدان الحلقية والمفصليات ويظهر فيها تكرار منتظم للأعضاء.

قنوات هلالية **semicircular canals**

تتصل بالقربة فى الأذن الداخلية للفقاريات، وعند اتصالها بالقربة تنتفخ وتحتوى على خلايا حسية تستخدم فى حفظ التوازن.

أنابيب منوية **seminiferous tubules**

وهى مكونات الخصية، وتحتوى على الخلايا الجنسية الذكرية، ويتم فيها تكوين الحيوانات المنوية النشطة عند النضوج الجنسى.

المصلية **serosa**

طبقة من النسيج الطلائى تحيط بالسطح الخارجى لكل من المعدة والأمعاء.

سيروتونين (٥- هيدروكسى تربتامين) **serotonin**

أحد مركبات أحاديات الأمين - يؤدى دورا كناقل عصبى فى بعض مناطق الجهاز العصبى المركزى.

خلايا سيرتولى **Sertoli cells**

وهى خلايا طويلة وتوجد فى جدار الأنبوبة المنوية، وتمتد من الخارج حتى التجويف، وتلتصق بها الطلائع المنوية أثناء تحورها إلى حيوانات منوية.

المصل **serum**

يتكون من بلازما الدم بعد تجلطه ويختلف عن البلازما فى عدم احتوائه على بروتين الفيبرينوچين.

sex chromosomes **كروموسومات الجنس**

كروموسومى X, Y فى الإنسان اللذان يحددا جنس الفـرد، إما ذكر أو أنثى.

sex hormones **هرمونات الجنس**

هرمونات الأسـتروچين والبروچيستيرون والتـستوسـتيرون والهـرمونات المرتبطة بها.

shank **الساق**

فى الطرف الخلفى لرباعيات القدم.

shell **صدفة = قشرة = قوقعة**

الغطاء الخارجى الصلب للحيوان الذى يكون جيـريا أو سيليكيا أو قرنيا أو كيتينيا.

shrimp **شريمب**

يُطلق على بعض الحيـوانات القشرية التى تشـبه الجمبـرى، وتنتمى إلى طويئفة Natantia. وتتميز بأجسامها المستديرة أو البيضاوية.

Silurian period **العصر السيلورى**

وهو ثالث عـصر من الحـقب القديم وظهـرت فيه أول فـقاريات فكـية وكانت بحرية.

sinoatrial node (SAN) **العقدة الجيب أذينية**

توجـد فى الأذين الأيمن وهى مسـئولة عن بداية واسـتمـرارية انقـباض عضلة القلب.

siphonoglyph **الميزاب المهدب = ميزاب زَرَّاقى**

فى الحيوانات الشـعاعية (اللاسعات) وهو ميـزاب طولى يمتد على أحد جانبى المرىء فى شقائق النعمان، وتعمل حركة الأهداب على دفع تيار الماء داخل البلعوم.

skeletal muscle **عضلة هيكلية**

عضلة مـخططة مرتبطة بالـهيكل ويتحكم فـى عملها الجـهاز العـصبى الجسدى (الإرادى).

sliding - filament theory **نظرية الانزلاق الخيطية**

نظرية تفسـير عملية انقـباض العضـلات نتيجة انزلاق خـيطى الميوسين والأكتين الواحد فوق الآخر فى الليفات العضلية.

العضلات الملساء (عضلات غير مخططة)

smooth muscles (unstriated muscles)

عضلات غير إرادية توجد منفردة أو في مجموعات صغيرة وتنتشر في الأحشاء وهي تحت سيطرة الجهاز العصبي اللا إرادي والجهاز الهرموني؛ لذا تسمى عضلات لا إرادية.

somatic جسدي

ما هو متعلق بالجسد أو الجسم.

somatic chromosomes الكروموسومات الجسدية

جميع الكروموسومات الموجودة داخل النواة ما عدا كروموسومي الجنس وعددها ٢٢ زوجا (المجموع الكلي للكروموسومات في خلايا جسم الإنسان ٢٣ زوجا).

somatic nervous system الجهاز العصبي الجسدي

جزء من الأعصاب الطرفية الصادرة التي تتجه إلى العضلات الهيكلية بالجسم، ويُعرف أيضا بالجهاز العصبي الإرادي.

somatostatin سوماتوستاتين

هرمون يُفرز من منطقة تحت المهاد في الدماغ ويعمل على تثبيط إفراز هرمون النمو والهرمون المنبه للغدة الدرقية من الجزء الغدي النخامي، كما يُفرز من خلايا دلتا من جزر لانجرهانز في البنكرياس ويعمل على تثبيط إفراز هرموني الأنسولين والجلوكاجون من البنكرياس أثناء تناول الغذاء.

specificity التخصصية

تشابه في شكل الرابط مع شكل مكان الارتباط على سطح البروتين ويُحدد هذه الخاصية شكل مكان الارتباط.

sperm (spermatozoon) منية = حيوان منوي

الخلية التناسلية في الذكر ويُشار إليها بالمشيج الذكري أو الحيوان المنوي.

spermatids طلائع منوية

وهي الخلايا الجنسية الذكرية التي تنشأ من الانقسام الاختزالي داخل الخصية، وتلتصق بخلايا سيرتولي التي تُدعمها أثناء تحورها إلى حيوانات منوية تنطلق إلى تجويف الأنبوبة المنوية.

spermatocyte **خلية منوية**

تتكون خلال عمليات تكوين الحيوانات المنوية بالخصية.

spermatogenesis **عملية تكوين الحيوانات المنوية**

عمليـة تكوين الحيـوانات المنوية والتى تتم من انقـسام الخلايا الـطلائية المبطنة للأنيبوبات المنوية فى الخصية.

spermatogonia **مولدات المنى**

الخلايا الجنسية الذكرية التى تبطن جـدار الأنبوبة المنوية بالخصية، والتى تمر بعمليات الانقسام الاختزالى لتكوين الحيوانات المنوية النشطة.

spermatozoon **انظر** sperm

Sphenodon **التواتار (سفينودون)**

وهو العظاءة المتبـقـية فى أسـتـراليـا من رتبـة خرطومـيـة الرأس بين الزواحف.

spinal accessory nerve **العصب الشوكى المساعد**

وهو العصب الحادى عشر.

spinal ganglia **عقد عصبـية شوكية**

تحتوى على خلايا حسية فوق الجذور الظهرية للأعصاب الشوكية.

spinal nerves **أعصاب شـوكية**

الأعـصـاب المتـصلة بالحـبل الشـوكى (وعـددها ٣١ زوجـا فى حـالة الإنسان).

spindle filaments **الخيوط المغزلية**

تراكيب خـيطية تظهر داخل الخليـة أثناء عملية الانقـسام الخلوى، وهى عـبارة عن أنيـبوبات دقـيـقة تُعـرف بألياف المـغزل وتمـتـد بين الكريتين المركزيتين والكروموسومات

splanchnocranium **الجمجمة الحشوية**

وتمثل الأقواس الحشوية فى الفقاريات.

spleen **الطحال**

أكبر الأعـضاء الليمفـية فى الجسم ويوجد فى الجـزء الأيسر من تجويف البطن بين المعدة والحجاب الحاجز.

أسفنجين **spongin**

مادة ليفية كولاچينية تُكوّن الشبكة الهيكلية فى الأسفنجيات القرنية مثل أسفنج الحمام.

كيس جرثومى = حوصلة جرثومية = حوصلة نوعية **sporocyst**

خلية تُنتج أبواغًا لا جنسية، أو حافظة وقائية تحيط بالبوغ أو طور جنينى متحوصل فى ديدان التريماتودا.

تكوين الأبواغ أو الجراثيم **sporogony**

انقسام عديد لإنتاج البوغيات الجرثومية بعد تكوين الزيجوت.

سبوروزويت = طور جرثومى = حيوان بوغى **sporozoite**

طور فى حياة بعض البوغيات (Apicomplexa)، ينشأ عن التكاثر البوغى.

الحرشفيات **Squamata**

رتبة من الزواحف، وتشمل العظايا والثعابين.

الركاب **stapes**

العظمة الداخلية من عظيمات الأذن الوسطى الثلاثة فى الثدييات.

نشا **starch**

مادة كربوهيدراتية عبارة عن سلسلة من عديدات التسكر وتحتوى على عدة مئات من وحدات الجلوكوز وتوجد في الخلايا النباتية حيث يتم تصنيعها بعملية البناء الضوئى.

حويصلة التوازن **statocyst**

عضو حسى للتوازن عبارة عن حوصلة خلوية ممتلئة بسائل يحتوى على واحدة أو أكثر من حصى التوازن (statolith) تُستخدم فى تحديد اتجاه الجاذبية.

مصفحات الرأس **Stegocephalia**

رتبة من الأسماك مستديرة الزعانف نشأت من الأسماك فصية الزعانف فى أواخر العصر الديفونى، وكلها مندثرة الآن.

الزواحف الجذعية **stem-reptiles (Cotylosauria)**

الزواحف الأولية التى تُمثل جدود جميع أنواع الزواحف، ونشأت منها أيضا الطيور والثدييات.

sternal ribs ضلوع قصية

أجزاء الضلوع الغضروفية التى تتصل بالقص.

sternebrae عظيمات القص

وتمثل القص فى الثدييات.

sternum القص

أحد العظام المتصلة بالقفص الصدرى.

steroids الستيرودات

مركبات ضمن الليبيدات وتتشابه مع الدهون فى عدم ذوبانها فى الماء ولكنها تذوب فى المذيبات العضوية. ويتركب الجزىء من ٤ حلقات كربونية متصلة مع بعضها بالإضافة إلى عدة مجموعات متصلة بها ذات شحنة كهربائية.

stimulus منبه

أحد العوامل البيئية (خارجى أو داخلى) يُسبب رد فعل أو تغيرا فى الكائن الحى ككل أو فى جزء منه.

striated muscles عضلات مخططة

أحد أنواع عضلات الجسم تتميز بظهور خطوط عرضية عند فحصها بالمجهر الضوئى.

strobila المتخرطة

١- طور فى حياة اللاسعات الفنجالية حيث يتخرط الحيوان إلى أقراص متتابعة تتحول إلى الميدوزات.

٢- الطور اليافع فى حياة الديدان الشريطية حيث تنفصل الأسلات على التوالى.

sublingual glands غدد تحت اللسان

زوج من الغدد ضمن ٣ أزواج من الغدد اللعابية التى تقوم بإفراز اللعاب فى تجويف الفم.

submandibular glands غدد تحت فكية

زوج من الغدد ضمن ٣ أزواج من الغدد اللعابية التى تقوم بإفراز اللعاب فى تجويف الفم.

submucosa تحت مخاطية

طبقة من النسيج الضام أسفل الطبقة المخاطية فى جدار المعدة والأمعاء.

substrate — **مادة التفاعل = مادة الأساس**

المادة التي ترتبط بالأنزيم ويتكون منها ناتج التفاعل.

subunguis — **أنجويس سفلي**

الجزء السفلي من المخلب أو الحافر أو الظفر وهي عادة مادة قرنية.

sucrose — **السكروز**

مادة كربوهيدراتية ثنائية التسكر وتتركب من جزيء جلوكوز وجزيء فركتوز.

superior umbilicus — **النقرة السرية العليا**

في قلم الريش المحيطي بالطيور.

superior vena cava — **الوريد الأجوف العلوي**

وريد كبير يحمل الدم من النصف العلوي من الجسم إلى الأذين الأيمن في القلب.

suprascapula — **فوق لوحي**

وهو أحد مكونات الحزام الصدري في الفقاريات.

supraspinous fossa — **حفرة فوق شوكية**

توجد في العظم اللوحي في الثدييات التي يفصلها شوكة لوحية عن السطح تحت الشوكي.

Sylvius aqueduct — **قناة سيلفيس**

وهي قناة السائل المخي الشوكي، وتصل ما بين التجويف الثالث والتجويف الرابع في الدماغ.

sympathetic nervous system — **الجهاز العصبي السمبثاوي**

جزء من الجهاز العصبي الذاتي، وتنشأ الأعصاب الخاصة به من المنطقة الصدرية والمنطقة القطنية في الحبل الشوكي ومعظم نهايات هذه الأعصاب تُطلق الناقل العصبي النور أدرينالين.

synapse — **التشابك (المشبك) العصبي**

مكان التقاء تفرع نهائي لمحور خلية عصبية مع غشاء خلية أخرى ولا يوجد أي اتصال سيتوبلازمي بين الخليتين.

synaptic cleft — **شق التشابك العصبي**

مسافة صغيرة جدا في التشابكات العصبية الكيميائية تفصل بين خلية ما قبل التشابك وخلية ما بعد التشابك.

syncytium — **مدمج خلوى**

كتلة بـرتوبلازمية تحتـوى على أنويـــة عـديدة، وغيـر مقســـمة إلى خلايا.

syrinx — **عضو الصوت فى الطيور = الحنجرة السفلى**

ويوجد عند تفرع القصبة الهوائية إلى شعبتين هوائيتين وهو الذى يُحدث الصوت فى الطيور.

systemic circulation — **الدورة الجهازية (دورة الدم الجهازية)**

الدورة الدموية خلال أجهزة الجسم المختلفة ما عدا الرئتين.

systole — **انقباض العضلات**

فترة انقباض العضلات.

systolic pressure — **الضغط الانقباضى**

الحـد الأقـصـــى الذى يصل إلـيه ضـغـــط الدم الشـريانى فى دورة القلب.

T

T_3 — انظر triiodothyronine

T_4 — انظر thyroxine

T lymphocytes — **الكريات الليمفية التائية**

كـريات دم بيضـاء ليـمفـية نـشأت أولا من خـلايا سلفـية فى الغـدة التيموسية.

T wave — **الموجة ت**

أحـد موجـات رسم القلب الكهربى وهـى تعكس فتـرة ارتخاء عـضلة القلب.

tarsals — **عظم الكاحل**

فى الطرف الخلفى لرباعيات القدم.

tarsometatarsus — **عظمة المشط الكاحلية**

عظم قصير مستقيم فى قدم الطائر.

tarsus (pl. tarsi) — **الكاحل**

عظيمات فى الطرف الخلفى لرباعيات القدم.

taste buds **براعم التذوق**

أعضاء الحس الخاصة بالتذوق وتحتوى على مستقبلات حسية كيميائية وخلايا مدعمة وتوجد أساسا على اللسان بالإضافة لوجودها فى سقف الفم والبلعوم والحنجرة.

tectorial membrane **غشاء رعاش = غشاء كورتى**

ويمتد فوق عضو كورتى السمعي فى الأذن الداخلية للثدييات.

tegument **إهاب = غطاء**

هو الغطاء الخارجي في الديدان الشريطية والتريماتودا، والذى كان يُعتقد سابقا أنه جليد cuticle.

telelecithal egg **بيضة طرفية المح**

مثل بيض البرمائيات والزواحف والطيور.

telencephalon **الدماغ الطرفى**

وهو الجزء الأمامى من المخ، يشمل نصفى الكرتين.

tendon **وتر**

حزمة من ألياف الكولاچين تربط بين عضلة وعضلة أخرى وأيضا بين عضلة وجزء من الهيكل (عظم أو غضروف).

tentacles **لوامس**

مثل التى توجد حول القمع الفمى فى السهيم وهى حسية. وكذلك توجد فى اللاسعات

testis **خصية**

المنسل فى حالة الذكر ووظيفتها الأساسية تكوين الحيوانات المنوية.

testosterone **التستوستيرون**

هرمون أستيرودى يتكون أساسا فى الخلايا البينية فى الخصية وهو هرمون ذكرى يعمل على نمو أعضاء الجهاز التناسلى الذكرى ويساعد أيضا على ظهور الصفات الجنسية الثانوية الذكرية عند البلوغ.

Tetrapoda **رباعيات القدم = ذوات الأربع**

وتشمل طوائف البرمائيات والزواحف والطيور والثدييات، وهى الفقاريات ذات الأطراف الأربعة وتُمثل بدء غزو الفقاريات للأرض.

TH انظر thyroid hormone

thalamus المهاد = سرير المخ .

جزء من الدماغ الأمامى ويُكوّن مع منطقة تحت المهاد ما يُسمى بالمخ البينى وتمر به معظم الإشارات الحسية الآتية من أعضاء الحس إلى قشرة الدماغ .

thecodont dentition تسنين داخلى

تحتل الأسنان فيه جيوبا عظمية، كما فى كثير من الأسماك والتماسيح والطيور المندثرة، والثدييات حيث تكون الجيوب أعمق .

Thecodontia ذات الأسنان الثابتة

زواحف أولية نشأت منها التماسيح والطيور .

Therapsida (mammal-like reptiles) زواحف شبيهة الثدييات

مجموعة مندثرة ظهرت من الزواحف الأولية، ومنها نشأت الثدييات .

Theria الثدييات

تحت طائفة الثدييات وكلها حيوانات ولودة .

thermoreceptors المستقبلات الحرارية

مستقبلات حسية تتأثر بالتغيرات التى تحدث فى درجة الحرارة .

thick filaments الخيوط السمكية

خيوط تتكون من بروتين الميوسين فى اللييفات العضلية .

thin filaments الخيوط الرفيعة

خيوط تتكون من بروتين الأكتين فى اللييفات العضلية .

thoracic cavity تجويف الصدر

جزء من تجويف الجسم المحتوى على القلب والرئتين وينفصل عن تجويف البطن بعضلة الحجاب الحاجز .

thigh الفخذ

فى الطرف الخلفى لرباعيات القدم .

threshold الجهد الفعال = عتبة

قيمة الجهد الكهربى الذى لابد أن يصل إليه فرق الجهد عبر غشاء الخلية لكى يبدأ جهد الفعل .

thrombin الثرومبين

أنزيم يوجد فى بلازما الدم فى صورة غير نشطة (بروثرومبين) ويُساعد فى تحويل الفيبرينوچين إلى فيبرين أثناء تكوين الجلطة الدموية .

thymine **الثيامين**

أحد القـواعد النيتـروچينية المعـروفة باسم البيـرميـدينات والموجود فى وحدات بناء جزىء الحامض النووى الدى أوكسى ريبوزى (الدنا).

thymus gland **الغدة التيموسية = التوتة**

عضو ليـمفى يقع فى الجزء العلوى من الصدر وتتكون فـيه كريات الدم البيضاء الليمفية.

thyroid gland **الغدة الدرقية**

غـدة صـمـــاء تقع فى العنق تفـرز هرمـونى الثـيـروكـسـين وثلاثى أيودوالثيرونين بالإضافة إلى هرمون الكالسيتونين.

thyroid hormone (TH) **هرمون الدرقية**

إشارة إلى هرمونى ثلاثى أيودوالثيرونين والثيروكسين واللذين يفرزان من الغدة الدرقيـة وهما يؤديان دورا هاما فى التمثـيل الغذائى داخل خلايا الجسم.

thyroid - stimulating hormone (TSH) **الهرمون المحفز للغدة الدرقية**

هرمون يُفرز من الجزء الغدى النخامى ويُحفز إفراز هرمون الغدة الدرقية ويُطلق عليه اسم الثيروتروبين thyrotropin.

thyrotropin انظر thyroid - stimulating hormone

الهرمون المحرر للهرمون المحفز للغدة الدرقية

thyrotropin - releasing hormone (TRH)

هرمـون يُفـرز من منطقـة تحت المهاد فـى الدماغ ويُسـبب زيادة إفـراز الهرمون المحفز للغدة الدرقية والذى يُفرز من الجزء النخامى الغدى.

thyroxine (T4) **الثيروكسين**

هرمون يُفـرز من الغدة الدرقـية ويدخل فى تركـيبـه ٤ ذرات من اليود ويُطلق عليـه اسم رباعى أيودوالثيرونين ويُودى دورا هامـا فى التمـثيل الغذائى داخل خلايا الجسم.

tibia **عظم الساق الأكبر**

فى الطرف الخلفى لرباعيات القدم.

tibiotarsus **العظم الكاحلى الساقى = قصبى رسغقدمى = القصبة الرسغية**

عظم مكون من التحام للقصبة بالرسغيات القدمية فى الطيور.

tissue **نسيج**

مجموعة من الخلايا المتشابهة مُتجمعة لتؤدى وظيفة ما، وتُستخدم كلمة نسيج أيضا للدلالة على مجموعة الأنسجة المكونة لعضو مثل نسيج الدماغ - أو نسيج الكلية.

toxicology **علم السموم**

دراسة المواد التى تُسبب أضرارا للكائن الحى.

trace elements **العناصر النادرة**

المعادن الموجودة فى الجسم بكميات ضئيلة للغاية وتؤدى دورا هاما فى وظائف الأعضاء.

transamination **نقل مجموعة أمينية NH_2 - (تحول أمينى)**

تفاعل كيميائى فيه يتم انتقال مجموعة أمينية NH_2 - من حامض أمينى إلى حامض كيتونى.

transduction **تحويل الطاقة إلى إشارة**

تحويل أحد أنواع الطاقة بواسطة المستقبلات الحسية إلى إشارة عصبية.

transfer RNA (tRNA) **الحامض النووى الريبوزى الناقل**

أحد أنواع الحامض النووى الريبوزى (الرنا) والذى يعمل على ترتيب الأحماض الأمينية فى جزىء البروتين.

transverse process **بروز عرضى**

نتوء مستعرض متصل بجسم الفقرة.

TRH انظر thyrotropin - releasing hormone

Triassic period **العصر الترياسى**

ويمثل أول عقد فى الحقب الأوسط.

tricarboxylic acid cycle انظر Krebs cycle

trichiosis **داء التريخينا**

مرض يُصيب الإنسان تسببه الدودة الخيطية ترايكنيللا سبيلارس *Trichinella spiralis*.

trichocyst **حوصلة خيطية أو شعرية**

تراكيب على شكل قصيبات تشبه الكيس، وتوجد في البلازما الخارجية للهدبيات، وتنطلق كسلاح دفاعي.

tricuspid valve **الصمام الثلاثى**

صمام يوجد بين الأذين الأيمن والبطين الأيمن فى القلب.

trigeminal nerve **العصب التوأمى الثلاثى**

وهو العصب المخى الخامس.

triglycerides **الجلسريدات الثلاثية**

أحد أنواع الليبيدات وتُعرف باسم الدهون المتعادلة ويتركب الجزىء من جلسيرول مرتبط بثلاث جزيئات من الأحماض الدهنية وتسمى الآن ثلاثى أسيل الجلسيرول triacyl glycerol.

triiodothyronine (T_3) **ثلاثى أيودو الثيرونين**

هرمون يُفرز من الغدة الدرقية ويحتوى على ٣ ذرات من اليود ويؤدى دورا هاما فى التمثيل الغذائى داخل خلايا الجسم.

trochlear nerve **العصب البكرى**

وهو العصب المخى الرابع.

trophozoite **تروفوزويت = حوين مغتذى**

الطور اليافع فى دورة حياة الحيوان الأولى، والذى يتغذى خلاله بنشاط.

truncus arteriosus **جذع شريانى**

يتكون فى رباعيات القدم من تحول الأبهر البطنى الوسطى والبصيلة الشريانية (أو المخروط الشريانى).

trypsin **التربسين**

أنزيم يُفرز بواسطة البنكرياس فى الأمعاء الدقيقة ضمن العصارة البنكرياسية فى صورة غير نشطة (التربسينوچين) ويعمل على تكسير الروابط الببتيدية فى الجزيئات البروتينية وعديدات الببتيدات.

trypsinogen **التربسينوچين**

الصورة غير النشطة لإنزيم التربسين.

tryptophan **التربتوفان**

حامض أمينى ضمن الأحماض الأمينية الضرورية ويتكون منه الناقل العصبى الأمينى سيروتونين.

TSH انظر thyroid - stimulating hormone

tube feet (podia) **أقدام أنبوبية**

أنابيب عضلية صغيرة ممتلئة بالماء، وتبرز من جسم شوكيات الجلد كجزء من الجهاز الوعائى المائى، وتُستخدم فى الحركة والتعلق، والتقاط الطعام والتنفس.

tuberculum **بروز الضلع**

نتوء يوجد بجوار رأس الضلع حيث يتصل بهما الضلع مع الفقرات.

tubular reabsorption **إعادة الامتصاص الأنيبوبى**

عملية إعادة امتصاص المواد من تجويف الأنيبوبات البولية فى الكلية إلى الشعيرات الدموية المحيطة بهذه الأنيبوبات.

tubular secretion **الإفراز الأنيبوبى**

عملية انتقال المواد من الشعيرات الدموية المحيطة بالأنيبوبات البولية فى الكلية إلى تجويف هذه الأنيبوبات.

tunicates **زقيّات (ثجاجيات) = الغلاليات = القربيات**

وهى حبليات أولية، بها حبل ظهرى فى ذيل اليرقة يختفى عند التحور للطور اليافع؛ ولذلك فإنها تتبع الذيلحبليات.

tympanic cavity **تجويف الأذن الوسطى**

فى رباعيات القدم، ويخترقه العويمود السمعى لتوصيل الذبذبات من الطبلة إلى الأذن الداخلية، ويتصل هذا التجويف بالبلعوم بواسطة قناة أستاكيوس لمعادلة الضغط الجوى فوق الطبلة.

tympanic membrane **الغشاء السمعى (طبلة الأذن)**

وتوجد فى رباعيات القدم فى نهاية القناة السمعية الموصلة بين الأذن الخارجية والداخلية، ووظيفتها توصيل الموجات الصوتية إلى الأذن الوسطى ثم الداخلية.

typhlosole **التفلوسول**

ثنية طولية، تمتد فى أمعاء بعض اللافقاريات مثل ديدان الأرض.

tyrosine **التيـروسين**

حامض أمينى يُصنّع منه النواقل العصبية المعروفة باسم الكاتيكول أمينات (الدوبامين، النورأدرينالين والأدرينالين) وأيضا يتكـون منه هرمون الغدة الدرقية TH.

U

ulcer **قرحة**

تآكل أو تلف فى الطبقة الطلائية المبطنة للمعدة أو الأمعاء.

ulna **عظم الـزند**

إحدى عظمتى الذراع الأمامية من الطرف الأمامى لرباعيات القدم.

ulnare **عظمة رسغ زندية**

فى الطرف الأمامى لرباعيات القدم.

unguis **الجزء الظهرى القرنى**

للمخلب أو الحافر أو الظفر.

Ungulata **الحافريـات = ذوات الحافر**

وهى الثدييات ذات الحافر.

unguligrade **حافرية السير = حافرى المشى**

الثدييات التى تسير على أربعـة أو ثلاثة أصابع أو إصبعين أو حتى على إصبع واحد، ويكون المعصم والكاحل مرفوعين عن الأرض.

unipolar neuron **خلية عصبية وحيدة القطب**

وهى حسية، وتوجد فى العقد العصبية الشوكية.

unsaturated fatty acid **حامض دهنى غيـر مشبع**

حامض دهنى يحتوى على واحدة أو أكثر من الروابط الثنائية.

uracil **اليوراسيل**

أحد أنواع القواعد النيـتروجينية المعروفة باسم البيـرميدينات ويوجد فى وحدات بناء الحامض النووى الريبوزى (الرنا) فقط.

urea **البولينا**

يتم تصنيعها فى الكبد بارتباط جزيئين من الأمونيا مع جزىء ثانى أكسيد كـربون وهى من أكـثر النواتج الإخـراجـيـة النيتـروجينيـة الناتجـة من البروتينات.

ureter **حـالب**

أنيبوبة توصل ما بين حوض الكلية والمثانة البولية.

urethra **مجرى البول**

الممر الذى يمر منه البول نحو الخارج.

uric acid **حامض البـوليك**

أحد نواتج الإخراج النيتروجينية والذى ينتج من الأحماض النووية.

urinary bladder **مثانة بولية**

يتجمع فيـها البول القادم من الكليات قبل خـروجه من الجسم، وتوجد فى معظم رباعيات القدم والأسماك.

uriniferous tubules **أنيبوبات كلوية**

تخـرج من المحـافظ الكلوية حـاملـة البـول الذى تصبـه فى الأنابيب المجمعة.

Urochordata **الذيلحبليات**

حيـوانات حبليـة أولية، يوجد بهـا حبل ظهـرى فى اليرقة فـى منطقة الذيل، ويخـتفى أثناء التـحور للطور اليـافع، وتسمـى التجـاجات أو الزقيات.

urodeum **إحدى غرفتى الجزء الأمامى من المجمع**

فى الزواحف والطيور والثدييات الأوليـة، ويفصلها ثنية بولية مستـقيمة عن الغرفة المعوية، وتستقبل قنوات البيض والبولية.

urostyle **القلم الذيلى**

عبارة عن اتحاد الفـقرات الذيلية فى فقرة واحدة طويلـة فى آخر العمود الفقرى فى الضفادع.

uterus **الرحم**

عضو مجـوف يوجد فى منطقة الحوض لأنثى الثدييـات، حيث تلتصق بجداره البويضة الملقحة وينمو بداخله الجنين خلال فترة الحمل.

utriculus **القـربة**

وهى الجـزء العلوى من الأذن الداخليـة الغـشائيـة، تتـصل به القنوات الهلالية الخاصة بحفظ التوازن.

vagina **مهبل**

وهو ضمن الجهاز التناسلى فى أنثى الثدييات، يؤدى إلى عنق الرحم.

vagus nerve **العصب الحائر**

العصب المخى العاشر (X)، وهو أكبر أعصاب الجهاز العصبى نظير السمبثاوى حيث يمتد إلى معظم الأحشاء فى منطقتى الصدر والبطن.

valve **مصراع**

إحدى الصدفتين الموجودتين فى الرخويات ذات المصراعين، أو ذراعيات الأقدام Brachiopoda..

Van der Waal's force **قوة الجذب لفان ديرفال**

قوة الجذب بين جزيئين لا توجد عليهما شحنة.

vane **تويج الريش المحيطى**

ويحمل الشوارب والشويربات التى تلتصق بخطاطيف.

vas deferens **الوعاء الناقل**

الوعاء الذى ينقل السائل المنوى من الخصية إلى القضيب.

vasa efferentia **أوعية صادرة**

أوعية تحمل الحيوانات المنوية من الخصية نحو الخارج مع البول كما فى البرمائيات.

vasoconstriction **انقباض الوعاء**

ضيق الوعاء الدموى نتيجة انقباض العضلات الملساء الموجودة فى جداره.

vasodilation (vasodilatation) **اتساع الوعاء**

اتساع الوعاء الدموى نتيجة ارتخاء العضلات الملساء الموجودة فى جداره.

vasopressin انظر antidiuretic hormone

vector **حامل أو ناقل**

١- ناقل الطفيلى هو عائل وسيط يحمل وينقل الأطوار المسببة للمرض من عائل لآخر.

٢- ناقل وراثى ويُستخدم فى نقل قطع كروموسومية من الحامض النووى (الدنا) من خلايا كائن حى إلى خلايا كائن حى آخر.

vein **وريد**

وعاء دموى ذو جدار رقيق يحمل الدم من الوريدات إلى القلب.

velum **برقع**

١- غشاء يوجد مع باطن المظلة فى ميدوزا بعض الهدريات، أيضا عضو السباحة فى اليرقة المبرقعة veligar larva وهو طور يرقى لبعض الرخويات.

٢- حاجز رأسى مثل الذى يوجد فى السهيم، ويحجز الدهليز عن البلعوم ويحتوى على فتحة الفم فى مركزه.

vena cava **وريد أجوف**

وريد كبير يحمل الدم من أجزاء الجسم المختلفة إلى الأذين الأيمن من القلب (يفتح فى الأذين الأيمن فى قلب الإنسان وريدين أجوفين علوى وسفلى).

ventral root **الجذر البطنى**

مجموعة من الألياف العصبية الصادرة تخرج من الحبل الشوكى فى كلا الجانبين الأيمن والأيسر - حيث إن العصب الشوكى يتكون من جذرين ظهرى وبطنى.

ventricle **بطين**

تجويف يوجد فى القلب (قلب الإنسان يتكون من أذينين وبطينين) ويوجد أيضا فى الدماغ (يحتوى الدماغ على ٤ بطينات - اثنان جانبيان وبطين ثالث وبطين رابع).

venule **وُرَيّد (وريد صغير)**

وعاء دموى صغير رقيق الجدار يحمل الدم من الشعيرات الدموية إلى الوريد.

vermiform appendix **الزائدة الدودية**

تمثل نهاية الأعور فى كثير من الثدييات وتنتهى مغلقة.

vermix **عنق الرحم**

عبارة عن جزء الرحم الذى يضيق ويفـتح فى المهبل فى أنثى الثدييات، ويتسع العنق عند وضع الصغير تحت تأثير هرمونى.

vesicle **حويصلة**

أحد التراكيب داخل الخلية ومحاطة بغشاء وذات حجم صغير.

vestibular apparatus **الجهاز الدهليزى**

جهاز يوجد فى الأذن الداخلية مسئول عن عملية التوازن الحركى.

vestibule **الدهليز**

وهو تجويف يؤدى إليه القـمع الفمى كما فى السهـيم، ويماثل التجويف الفمى بين الثدييات، ويؤدى الدهليز خلفـا إلى البلعوم عن طريق فتحة الفم.

vibrissae **شـوارب**

وهى عبارة عن شعر حساس على وجه كثير من الثدييات.

villi (sing. villus) **خملات (المفرد: خملة)**

بروزات تظهر على أسطح الثنايا العديدة فى جدار الأمعاء الدقيقة.

virus **فيروس**

كائن حى عـبارة عن حامض نووى له غطاء بروتينى يفـتقد آليـة العمل الأنزيمى لانطلاق الـطاقـة وأيضـا لا يمتلك الريبـوسـومـات لتـصنيع البروتينات؛ لذا لا يقدر على الحياة إلا داخل خلايا أخرى.

viscera (sing. viscus) **أحشاء (المفـرد: حشوى)**

أعضاء الجسم المختلفة داخل تجويف الصدر والبطن.

visceral arches **أقواس حشوية**

وتمثل الجمجمة الحشوية في الفقاريات.

visceral nervous system **جهاز عصبى حشوى**

ويختص بالأحشاء الداخلية.

viscerocranium **الجمجمة الحشوية**

وتمثل الأقواس الحشوية فى الفقاريات.

ڤيتامين **vitamin**

جزيء عضوى يحتاجه الكائن بكميات صغيرة جدا لوظائفه الحيوية ونموه ولكن لا يتم تصنيعه بواسطة التمثيل الغذائى لهذا الكائن. وتُقسم الڤيتامينات إلى مجموعتين: المجموعة الأولى تذوب فى الماء والأخرى تذوب فى الدهن.

السائل الزجاجى **vitreous humor**

ويملأ تجويف كرة العين خلف العدسة يسمح بمرور أشعة الضوء خلاله لتسقط على الشبكية دون انحراف.

العظم الميكعى **vomer**

فى جمجمة الفقاريات فى سقف الحلق أماما.

العضو الميكعى الأنفى **vomeronasal organ**

وهو عضو شمى إضافى يوجد فى بعض رباعيات القدم وبالأخص الزواحف فى المنطقة الأمامية من الرأس ويفتح فى سقف الحلق، ليلتقط تأثير التذوق للطعام، ويغذيه فرع من العصب الشمى.

W, X, Y, Z

عظيمات ڤيبر **Weberian ossicles**

وهى عبارة عن بروزات من الفقرات الأولى فى الأسماك العظمية القطية، تصل ما بين منطقة الأذن الداخلية والمثانة الهوائية، لتوصل الذبذبات السمعية.

حيتان **whales**

وتمثلها مرتبة من الثدييات المائية.

المادة البيضاء **white matter**

جزء من الدماغ والحبل الشوكى يظهر باللون الأبيض فى العينات غير المصبوغة وتحتوى أساسا على ألياف عصبية ذات غمد.

انظر sex chromosomes **X chromosome**

العظيمة القصية السيفية **xiphisternum**

وهى آخر عظمة فى قص الثدييات.

بروز سيفى **xiphoid process**

وهو بروز غضروفى أو عظمى تحمله العظيمة القصية السيفية.

Y chromosome انظر sex chromosomes

Z line **خط Z**

شريط يمتد رأسيا فى الليفة العضلية على طرفى القطعة العضلية فى العضلة المخططة.

Zoochlorella **طحالب زوكلوريلا**

أحد الطحالب الخضراء الدقيقة (عادة *Chlorella*) التى تعيش فى بعض الأوليات واللافقاريات الأخرى.

zygote **لاقحة = زيجوت**

البيضة الملقحة.

كشاف تحليلى

(أ)

(ب)

(ت)

(ث)

(ج)

(ح)

(خ)

(د)

(ذ)

(ر)

(ز)

(س)

(ش)

(ظ)

(ع)

(غ)

(ف)

(ق)

(ك)

(ل)

(م)

(ن)

(هـ)

(و)

(ى)

مراجع الكتاب

«فيما يلي أسماء المراجع العربية والأجنبية التي تم الاستعانة بها في إعداد المادة العلمية والأشكال للكتاب».

أولا: المراجع العربية:

١- جون وكيمبال (١٩٩٣م): كيمبل - بيولوچي - الجزء الأول، تأليف: تعريب: أ.د. شاكر محمد حماد، أ.د. عادل إبراهيم الجزار، مراجعة: أ.د. عبد الحليم منتصر.

٢- رشدي فتوح عبد الفتاح (١٩٨٣م): أساسيات عامة في علم الفسيولوچيا، مطبوعات جامعة الكويت.

٣- عائدة وصفي عبد الهادي (١٩٨١م): فسيولوچيا جسم الإنسان، عُمان: وزارة التربية والتعليم.

٤- عايش محمود زيتون (١٩٩٦م): بيولوچيا الإنسان، مكتبة العلوم التربوية، الجامعة الأردنية، دار الشروق للنشر والتوزيع.

٥- عبد العزيز محمود، محمود عبد الرحمن البرعي، سمير محمد حسن بلتاجي، محمد نظيم شحاتة (١٩٩٠م): اللافقاريات، الطبعة التاسعة، مكتبة الأنجلو المصرية.

٦- محسن شكري (١٩٨٤م): علم الحيوان العام، دار المطبوعات الجديدة.

٧- مدحت حسين خليل (١٩٩٩م): فسيولوچي الحيوان، جامعة الأزهر.

٨- مدحت حسين خليل (١٩٩٩م): علم حياة الإنسان، جامعة الأزهر.

٩- محمد سليم صابر وعبد الرحيم عشير (١٩٨٦م): علم حياة الإنسان، الطبعة الأولى، بغداد، دار المعارف.

١٠- د. محمد هادى أميرى وعبد الرحيم محمد عشير (١٩٨٨م): أساسيات فى علم الفسلجة الحيوانية، الإمارات العربية المتحدة.

١١- مكرم ضياء شكاره (١٩٩٩م): علم الخلية، دار المسيرة للنشر والتوزيع، عمان.

١٢- نهاد يوسف وسعيد حميدة (١٩٩٧م): علم الحياة الحيوانية، ، كلية العلوم، جامعة حلب.

١٣- هيكمان، س. ي.، روبرتس، ل. س، هيكمان، ف. م. (١٩٨٩م): الأساسيات المتكاملة لعلم الحيوان، ترجمة: د. ماهر حسين خليفة وآخرون، الطبعة الأولى، الدار العربية للنشر والتوزيع.

ثانيا: المراجع الأجنبية:

1. Al-Hussaini, A.H. and Demian, E.S. 1997: Practical Animal Biology. Vol. 1, 11th Edit.; Vol. 2, 18th Edit.; Vol. 3, 14th Edit. Dar El-Maaref, Cairo, Egypt.
2. Bachsbaum, R.; Bachsbaum, M.; Pearse, J. and Pearse, V. 1987: Animals Without Backbones. 3rd Edit. University of Chicago Press.
3. Balinsky, B.I. 1970: An Introduction to Embryology. 4th Edit. Saunders, W.B.
4. Barnes, R.D. 1987: Invertebrate Zoology. 5th Edit. Saunders, Philadelphia.
5. Barrington, E.J.W. 1979: Invertebrate Structure and Function. 2nd Edit. Halstead Press, New York.
6. Bear, M.F.; Connors, B.W. and Paradiso. M.A. 2001: Neuroscience Exploring the Brain. Lippincott Williams and Wilkins.
7. Bergman, R.A.; Afifi, A.K. and Heidger, P.M. 1996: Histology. W.B. Saunders Company.
8. Bodemer, C.W. 1968: Modern Embryology. Holt, Rinehart and Winston, Inc.
9. Borradile, L.A.; Potts, F.A.; Eastham, L.E.S. and Saunders, J.T. 1973: The Invertebrata. 4th Edit.. (Revised by G.A. Kerkut). Cambridge University Press, New York.
10. Burkitt, H.G.; Young, B. and Heath, J.W. 1996: Wheater's Functional Histology. A Text and Colour Atlas. Churchill Livingstone.
11. Costanzo, L.S. 1998: Physiology; W.B. Saunders Company.
12. El-Banhawy, M.A.; Demian, E.; Shalaby, A.A. and Roshdy, M.A.

1973: Text Book of Zoology; Dar El-Maaref, Cairo, Egypt.

3. El-Daweini, K. and Bishai, H.M. 2001: A Glossary of Zoological Terms. 4th Edit. Dar El-Maaref, Cairo, Egypt.

14. Eroschenko, V.P. 1996: Atlas of Histology With Functional Correlations. Williams and Wilkins.

15. Farish, J.D. 1978: Biology, The Human Perspective. Harper & Row, Publishers, New York, London.

16. Gartner, L.P. and Hiatt, J.L. 1997: Color Textbook of Histology. W.B. Saunders Company.

17. Ghisotti, A. 1995: The Red Sea. 3B Bonechi, Florence, Italy.

18. Guyton, A.C. 1991: Textbook of Medical Physiology. : W.B. Saunders Company.

19. Hickman, C.P.; Roberts, L.S. and Larson, A. 1997: Integrated Principles of Zoology. 10th Edit. McGraw-Hill.

20. Hussein, M.F.; Hamedi, A.R.; Kasem, E.A.; Bishai, H.M.; Abd El-Wahaab, A. and Mahmoud, M.F. 1978: Principles of animal Biology. 4th Edit. Dar El-Maaref, Cairo, Egypt.

21. Ibrahim, A.M.; Bishai, H.M. and Khalil, M.T. 1999: Freshwater Molluscs of Egypt. Publ. Biodiversity Unit, Egyptian Environmental Affairs Agency (EEAA), Department of Nature Protection, Ministry of Environmental Affairs, Cairo.

22. Kent, G.C. 1987: Comparative Anatomy of the Vertebrates 6th Edit. Times mirror Mosby.

23. Kluge, A.G. 1977: Chordate Structure and Function 2nd Edit. Macmillan Co.

24. Marshall, N.O. 1971: Ocean Life in Color. Macmillan Co., New York.

25. Marshall, A.J. and Williams, W.D. 1981: Text Book of Zoology, Vo 1, Invertebrates. 7th Edit. (Formerly by Parker, T.J. and Haswell, W.A.) Macmillan, New York.
26. Mcfadden, C.H.; Keeton, W.T. 1995: Biology, an Exploration of life. 1st Edit. W.W. Morlen Company. New York, London.
27. Orr, R.T. 1976: Vertebrate Biology. 4th Ed. Saunders, W.B.
28. Piekarski, G. 1962: Medical Parasitology in Plates. (English Translation by Lepage, G.) Farbenfabriken Bayer AG Leverkasen, Germany.
29. Rand, H. W. 1950: The Chordates. H. K. Lewis Co. Ltd, London.
30. Shier, D.; Butler, J. and Lewis, R. 1996: Hile's Human Anatomy and Physiology. Wm. C. Brown Publishers.
31. Soliman, G.N. 1996: Invertebrate Zoology, The Mideastern Invertebrate Fauna, Part 1 Noncoelomates; The Palm Press, Cairo.
32. Soliman, G.N. 2001: Invertebrate Zoology, The Mideastern Invertebrate Fauna, Part II: The Coelomates. The Palm Press, Cairo.
33. Storer, T.I. and Others. 1977: Elements of Zoology. 4th Edit. McGraw Hill.
34. Storer, T.I.; Usirgers, R.L.; Stebbins, R.C. and Nybaken, J.W. 1979: General Zoology, 6th Edit, McGraw-Hill, New York.
35. Vander, A.J.; Sherman, J.H. and Luciano, D.S. 1990: Human Physiology. McGraw-Hill Publishing Company.

صدر من سلسلة المراجع الأساسية :

الكتاب	المؤلف
(١) البصريات.	أ.د.. أحمد فؤاد باشا
	أ.د. شريف أحمد خيرى
(٢) مبادئ الكيمياء العملية التحليلية والعضوية وغير العضوية.	أ.د. أحمد مدحت إسلام.
	أ.د. السيد على حسن
(٣) أسس الكيمياء العضوية الأروماتية.	أ.د. أحمد مدحت إسلام.
(٤) أسس الكيمياء العضوية الأليفاتية.	أ.د. أحمد مدحت إسلام.
(٥) فيزياء الجوامد.	أ. د. محمد أمين سليمان.
	أ.د. أحمد فؤاد باشا
	أ.د. شريف أحمد خيرى.
(٦) أسس الكيمياء الفيزيائية.	أ.د. أحمد مدحت إسلام.
	أ.د. مصطفى عمارة.
(٧) أسس الكيمياء العامة وغير العضوية.	أ.د. أحمد مدحت إسلام.
	أ.د. مصطفى عمارة
(٨) علم الفلك العام.	أ. د. مرفت السيد عوض.
	أ.د. مصطفى كمال محمود.
(٩) أسس علم الميكانيكا.	أ. د. عبد الشافى فهمى عبادة.
	أ.د. على محمد أبو ستة.
	أ.د. أحمد بدر الدين خليل
	أ.د. عبدالرحمن السمان.
(١٠) العلوم الجوية وتطبيقاتها «التنمية باستخدام الأرصاد الجوية».	أ. د. محمد الشهاوى.
(١١) علم البيئة العام والتنوع البيولوچى.	أ. د. على على المرسى.
	أ.د. محمد محمد الشاذلى.
(١٢) أساسيات علم النبات العام: الشكل الظاهرى والتركيب التشريحى - تقسيم المملكة النباتية وظائف أعضاء النبات.	أ.د. الإمام عبده قبية.
	أ.د. محمود جبر
	أ.د. إسماعيل كامل.
	أ.د. عفت فهمى شبانة.

(١٣) أسس علم الرياضيات [التفاضل والتكامل].
أ. د. حسن مصطفى العويضى.
أ. د. عبد الشافى فهمى عبادة.
أ. د. محمد طلعت عبد الناصر.

(١٤) الفيزياء النووية.
أ. د. أحمد السعيد الناغى.

(١٥) الفيزياء الحيوية.
أ. د. أحمد فؤاد باشا
أ. د. فوزى حامد عبد القادر
أ. د. السيد عوض جعفر

(١٦) أشباه الموصلات.
أ. د. شريف أحمد خيرى
أ. د. حسن حسين حسن

(١٧) مبادئ الكيمياء النووية.
أ. د. عبد الحكيم طه قنديل

(١٨) النسبية وقوى الطبيعة.
أ. د. محمد نبيل ياسين البكرى
أ. د. خالد علي كماخى

(١٩) كيمياء عناصر الوقود النووى.
أ. د. عبد الحكيم طه قنديل

(٢٠) تقنيات القرن ٢١ لتحسين النباتات باستخدام زراعة الأنسجة.
أ. د. عبد الرحيم توفيق الناغى
أ. د. سمير عبد الرازق الشوبكى

(٢١) أساسيات علم الحيوان.
أ. د. محمد إسماعيل
أ. د. منى شرقاوى علي
أ. د. تغريد عبد الرحمن حسن
أ. د. حلمى بشاى
أ. د. يحيى السيد العاصى

(٢٢) أساسيات العلوم الفيزيائية.
أ. د. أحمد فؤاد باشا
أ. د. فوزى حامد عبد القادر
أ. د. شريف أحمد خيرى
أ. د. محمد نبيل يس البكرى

(٢٣) أساسيات علم الحشرات.
أ. د. علي علي المرسى.
أ. د. محمد الشاذلى

(٢٤) أسس الكيمياء التحليلية غير الآلية والآلية.
أ. د. أحمد مدحت إسلام
أ. د. مصطفى عمارة

(٢٥) الهندسة التحليلية المستوية والفراغية.
أ. د. عبدالشافى فهمى عبادة
أ. د. حسن العويضى مصطفى

العنوان	المؤلف
(٢٦) ميكانيكا الكم.	أ.د. محمد نبيل يس البكرى أ.د. صلاح الدين نبيل يس البكرى
(٢٧) علم البلورات والأشعة السينية.	أ.د. نعيمة عبد القادر أحمد أ.د. محمد أمين سليمان
(٢٨) كيمياء البيئة: تطبيقات أسس فروع الكيمياء على ملوثات الهواء والماء والتربة.	أ.د. أحمد مدحت إسلام. أ.د. مصطفى عمارة
(٢٩) الچيولوچيا الفيزيقية والتاريخية.	أ.د. حافظ شمس الدين عبد الوهاب
(٣٠) الفيزياء العملية وتجارب المحاكاة.	أ.د. محمد نبيل يس البكرى وآخرون
(٣١) أسس الجبر والجبر الخطى بين النظرية والتطبيق مع أمثلة محلولة	أ.د. محمد عبد العظيم سعود
(٣٢) مقدمة فى علم الأنظمة البيئية.	أ.د. محمد محمد الشاذلى مراجعة وتقديم/ أ.د. محمد عبد الفتاح القصاص